

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
Кафедра: Автомобильные дороги и городские сооружения

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В.В. Серватинский

подпись

« 20 » 00 20 17 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**08.03.01 «Строительство»**

**08.03.01.0015 «Автомобильные дороги»**

На тему: Проект реконструкция участка автомобильной дороги III категории  
в республике Хакасия

пояснительная записка

Руководитель

подпись, дата

должность, ученая степень

В.И. Жуков

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

М.С. Земцов

инициалы, фамилия

Красноярск 2017г

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
Кафедра: Автомобильные дороги и городские сооружения

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ В.В. Серватинский  
подпись  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**08.03.01 «Строительство»**  
**08.03.01.0015 «Автомобильные дороги»**

На тему: Проект реконструкция участка автомобильной дороги III категории  
в республике Хакасия

пояснительная записка

Руководитель \_\_\_\_\_  
подпись, дата \_\_\_\_\_ должность, ученая степень

В.И. Жуков  
инициалы, фамилия

Выпускник \_\_\_\_\_  
подпись, дата

М.С. Земцов  
инициалы, фамилия

Красноярск 2017г

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Природные условия района проектирования.....	6
1.1 Климат.....	9
1.2 Рельеф.....	9
1.3 Растительность и почвы.....	9
1.4 Инженерно – геологические условия.....	10
1.5 Сведения о наличии дорожно-строительных материалов .....	10
1.6. Заключение по природным условиям района проектирования.....	10
2 Анализ существующей дороги.....	11
2.1 План трассы.....	12
2.2 Земляное полотно.....	13
2.3 Искусственные сооружения.....	14
2.4 Дорожная одежда.....	14
2.5 Обустройство дороги.....	14
2.6 Комплексная оценка безопасности движения.....	15
2.6.1 Расчет скоростей движения.....	15
2.6.2 Оценка безопасности движения по графикам коэффициентов ава- рийности.....	17
2.6.3 Оценка по графикам коэффициента безопасности.....	18
2.6.4 Оценка по пропускной способности.....	19
2.6.5 Заключение по комплексной оценке безопасности движения.....	22
3 Реконструкция дороги.....	22
3.1 Определение категории дороги.....	22
3.2 План трассы.....	24
3.3 Продольный профиль.....	25
3.3.1 Обоснование руководящих отметок и контрольных точек.....	25
3.3.2 Описание проектной линии.....	28
3.4 Поперечный профиль.....	30
3.5 Дорожный водоотвод.....	31
3.6 Расчет дорожной одежды .....	32
3.7 Искусственные сооружения.....	36
3.8 Комплексная оценка безопасности движения.....	37
3.9 Подсчет объема земляных работ.....	38
3.10 Полоса отвода.....	39
4 Обустройство дороги.....	40
5 Деталь. Проектирование насыпи на болоте.....	41
5.1 Определение осадки насыпи на болоте.....	41
5.2 Определение продолжительности осадки насыпи на болоте.....	48
6.3 Определение осадки насыпи на болоте с применением вертикальных дрен.....	50
6 Соображения по организации реконструкции.....	53
Заключение.....	55
Список использованных источников.....	56

Приложение А Расчет дорожных одежд.....	58
Приложение Б Локальная смета на устройство первого варианта дорожной одежды.....	63
Приложение В Локальная смета на устройство второго варианта дорожной одежды .....	67
Приложение Г Расчет объема земляных работ.....	71

## **ВВЕДЕНИЕ**

Автомобильные дороги являются важнейшим элементом общей транспортной системы страны, без которой не может функционировать ни одна отрасль народного хозяйства.

Они представляют собой комплекс инженерных сооружений, предназначенных для обеспечения повсеместного, непрерывного, удобного и безопасного движения автомобилей. В связи с изменяющимися интенсивностью и составом движения возникает необходимость повышения транспортно-эксплуатационных показателей дороги. В данной выпускной квалификационной работе рассмотрен проект улучшения транспортно-эксплуатационных показателей путём реконструкции участка автомобильной дороги "Абакан-Кызыл".

# 1 Природные условия района проектирования

## 1.1 Климат

Республика Хакасия входит в III дорожно-климатическую зону согласно классификации по СП 34.13330.2012 [1].

Климатическая характеристика района проводится по данным метеорологической станции города Абакан из СП 131.13330.2012 [2].

Климат района проектирования резко континентальный, с жарким летом и холодной зимой. Распределение осадков зависит от высотных условий, экспозиции склонов и циркуляции атмосферы. Необходимые для расчетов и проектирования дороги данные приведены в ведомости климатических показателей таблице 1.

Таблица 1 - Ведомость климатических показателей

№п/п	Наименование показателей	Ед. изм.	Величина
1	Абсолютная температура воздуха -минимальная -максимальная	°C	-47
			+38
2	Средняя температура наружного воздуха холодной пятидневки 0,98 0,92	°C	-41
			-40
3	Преобладающее направление ветра: декабрь-февраль июнь-август		ЮВ
			ЮВ
4	Максимальное из средних скоростей ветра по румбам за январь	м/с	6,5
5	Минимальное из средних скоростей ветра по румбам за июль	м/с	4,3
6	Среднемесячная относительная влажность воздуха: -наиболее холодного месяца -наиболее теплого месяца	%	79
			68
7	Количество осадков за: -ноябрь-март -апрель-октябрь	м	40
			282
8	Расчётная толщина снежного покрова обеспеченностью 5%	м	0,8
9	Глубина промерзания	м	3

Таблица 2 - Среднемесячная температура воздуха

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Темп, °С	-25	-18,5	-8,5	2,9	10,5	17,3	13,5	16,4	9,9	1,6	-9,5	-17,9

Таблица 3 - Повторяемость и скорость ветра за январь

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, %	19	1	1	7	15	36	11	10
Скорость, м/с	3,2	1,1	1,3	1,9	3,6	6,5	4	2,2

Таблица 4 - Повторяемость и скорость ветра за июль

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, %	17	13	10	6	9	11	16	23
Скорость, м/с	3,7	3,6	3,7	3,5	3,5	3,5	3,6	3,9

По таблицам 2-4 строим розы ветров и дорожно-климатический график.

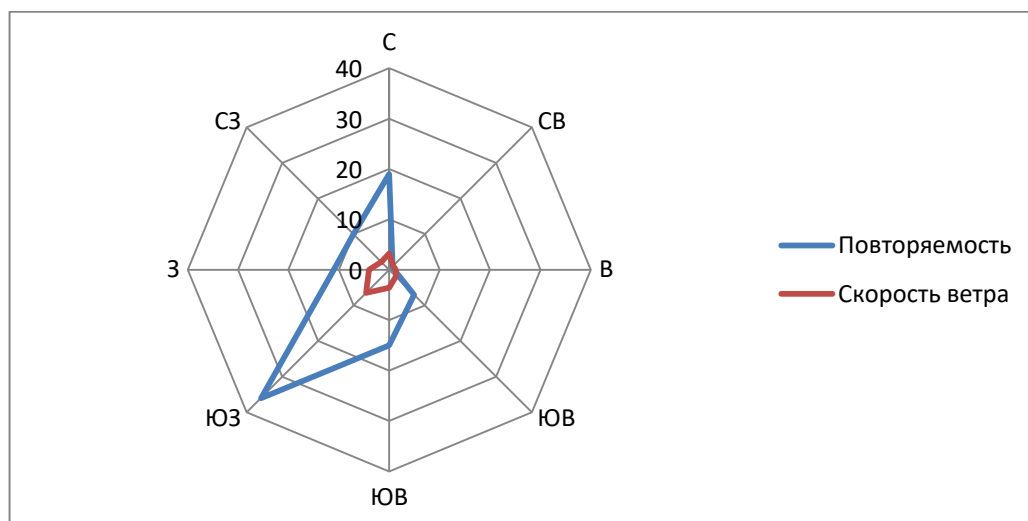


Рисунок 1 – Роза ветров за январь

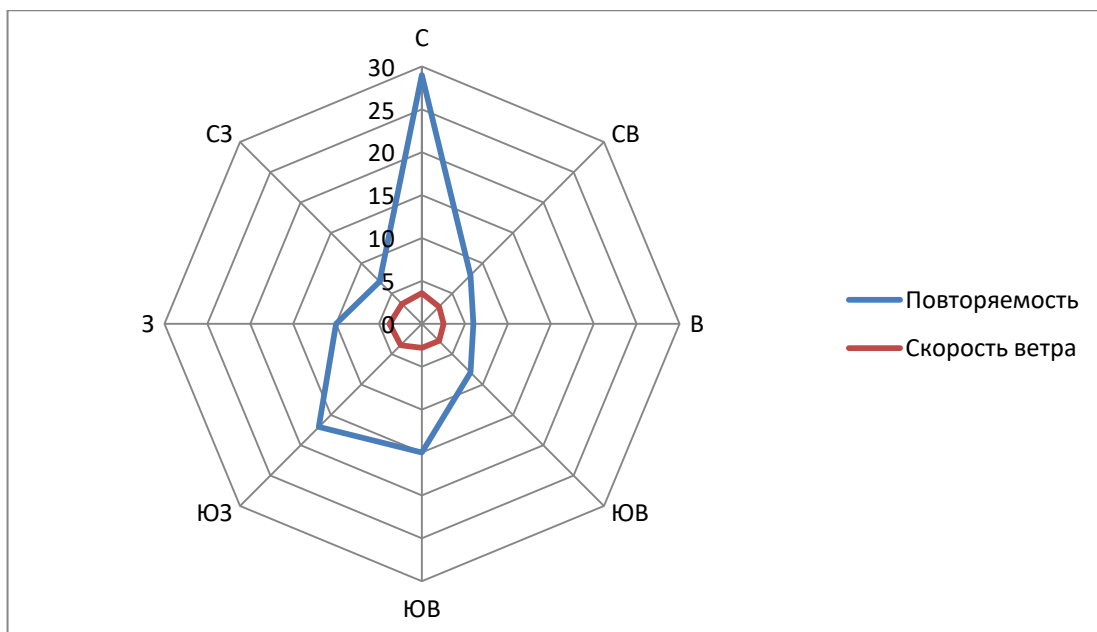


Рисунок 2 – Роза ветров за июль

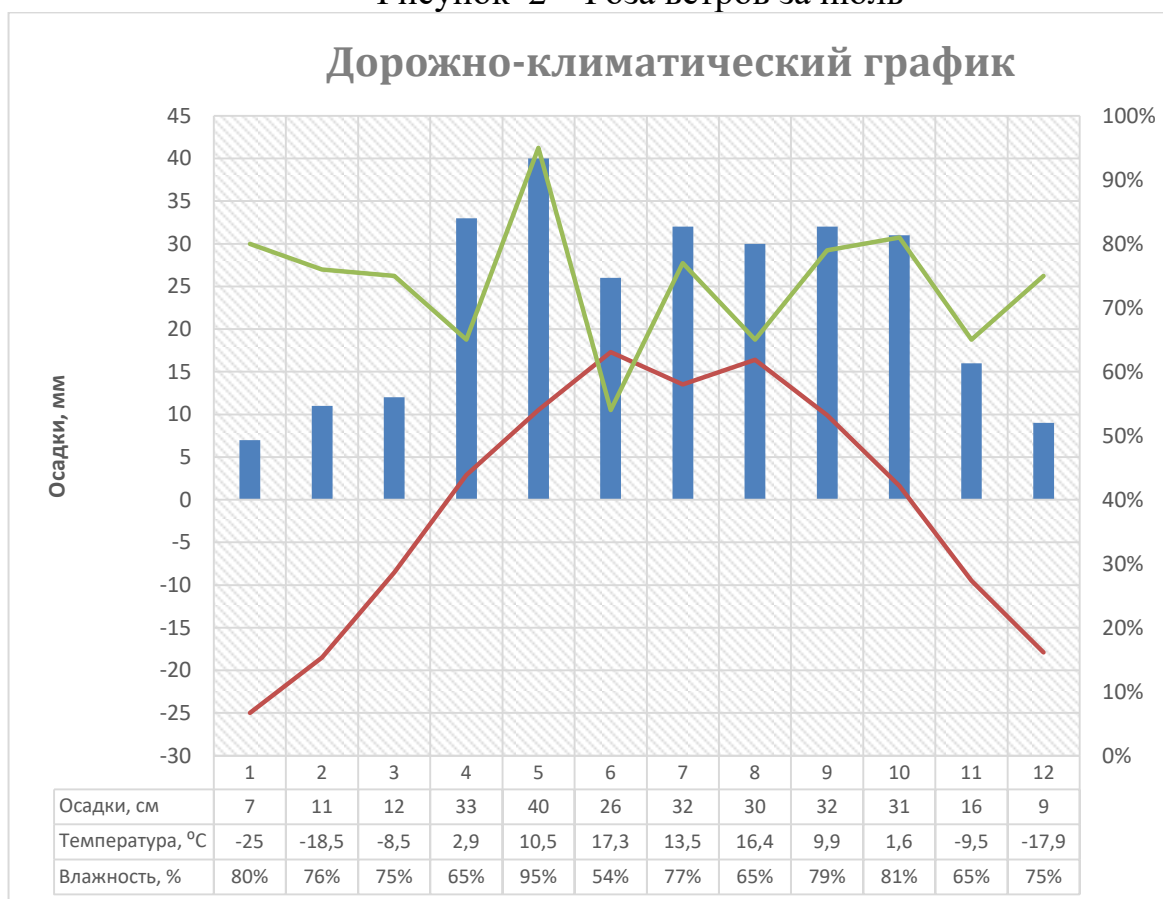


Рисунок 3 – Дорожно-климатический график



## **1.2 Рельеф**

Республика Хакасия расположена на юго-востоке Сибири, в западной части Минусинской котловины. Граничит на севере и востоке с Красноярским краем, на юге и юго-западе с Тывой. Выделяют горную и равнинную местность.

## **1.3 Растительность и почвы**

Согласно физико-географическому районированию республики Хакасия тип растительности района изысканий отнесен к степным и лесостепным зонам, характеризующийся горной хвойной растительностью. Преобладающие породы — кедр, береза.

Незаселенные участки заняты степной травянистой растительностью, пашнями вблизи населенных пунктов и лугами по долинам рек и ручьев. Из травянистой растительности преобладает ковыльно-травянистая.

Преобладающими почвами являются супесчаные и песчаные дерново-подзолистые, горно-подзолистые и перегнойно-карбонатные.

## **1.4 Инженерно-геологические условия**

Рельеф участка трассы носит равнинный характер с абсолютными отметками поверхности земли от 205,21 до 233,61 м.

В пределах участка реконструируемой дороги повсеместное развитие получили четвертичные отложения. На водоразделах вскрываются суглинки, глинки озерно-аллювиального средне-верхнечетвертичного комплекса и редко неогеновые гравийные и галечниковые отложения, бурые суглинки, пески.

Широкое развитие в полосе трассы получили юрские отложения, представленные осадочными континентальными осадками. Юрские отложения

представлены переслаивающимися суглинками, глинами алевролитами, разнотернистыми песками (пылеватыми, мелкими, средней крупности).

В земляном полотне выявлены следующие грунты: суглинок легкий пылеватый, твердой консистенции; суглинок твердой и полутвердой консистенции, дресвяный суглинок (до 40%).

### **1.5 Сведения о наличии дорожно-строительных материалов**

Минерально-сырьевая база общераспространенных полезных ископаемых на территории Хакасии (естественных строительных материалов) представлена суглинками и супесями, песками для строительных работ, грунты пригодны для строительства земляного полотна.

### **1.6 Заключение по природным условиям района проектирования**

Район пригоден для строительства автомобильной дороги, по климатическим, инженерно-геологическим условиям и типу рельефа является благоприятным для дорожного строительства. Трасса проектируется в III дорожно-климатической зоне, что необходимо учесть при проектировании и подборе дорожно-строительных материалов для возведения тела насыпи и уплотнении.

## **2 Анализ существующей дороги**

Существующий участок автомобильной дороги относится к дорогам общего пользования.

Общая протяженность участка трассы 5,0 км.

Начало трассы ПК 0+00 соответствует км 190+163 существующей автомобильной дороги Абакан-Кызыл.

Конец трассы ПК 50+00 соответствует км 195+163 существующей автомобильной дороги Абакан-Кызыл.

Относительные отметки на участке трассы колеблются от 214,50 м до 235,17 м.

Автомобильная дорога устроена в насыпи, высота которой находится в пределах от 0,58 м до 9,29 м.

Состояние земляного полотна неудовлетворительное, наблюдаются просадочные деформации проезжей части и обочин, колейность, застой воды.

Ширина проезжей части с обочинами составляет 12 м.

Растительность вдоль трассы на всем протяжении участка представлена выгоном.

Так же имеется участок с болотом находящийся на ПК41 - ПК42

## 2.1 План трассы

В соответствии с данными существующая дорога отнесена к дорогам III категории. Основные технические нормативы приняты по СП 34.13330.2012 [1].

Протяженность реконструируемого участка автодороги составляет 5,0 км.

Основные технические показатели плана трассы дороги приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики плана существующей дороги

Наименование показателей	Показатель
Протяженность трассы, км	5,0
Количество углов поворота	2
Минимальный угол поворота, °	12
Длина кривых, м	224,43
Длина прямых вставок, м	4295,56
Минимальный радиус кривой в плане, м	600

Существующий участок автомобильной дороги в плановом отношении позволяет проложить ось реконструируемой дороги по существующей без увеличения радиусов кривых.

## **2.2. Земляное полотно**

Продольный профиль запроектирован по СП 34.13330.2012 [1], для дороги III категории, с учётом общей толщины дорожной одежды и площади занимаемых земель.

Уменьшение продольного уклона приведет к значительному увеличению объемов земляных работ.

Основные технические показатели продольного профиля дороги приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики существующей дороги

Наименование показателей	Показатель
Протяженность трассы, км	5,0
Продольный уклон на подъем, ‰	38
Продольный уклон на спуск, ‰	1
Минимальный радиус выпуклой кривой, м	5000
Минимальный радиус вогнутой кривой, м	2000

Технические показатели проектной линии для продольного профиля существующей автомобильной дороги не соответствуют II категории автомобильной дороги по СП 34.13330.2012 [1]. Необходимо изменить проектную линию.

Поперечный профиль существующий дороги не соответствует параметрам для дорог II категории. Заложение откосов насыпей принято 1:3 при высоте насыпи до 2 м для обеспечения безопасных условий движения; при

высоте насыпи от 2 м до 6 м — 1:1,5; при высоте насыпи от 6 до 12 м с переменным заложением откосов — 1:1,5 и 1:1,75.

Параметры конструкции:

- ширина проезжей части (7,0 м);
- ширина обочин (2,5 м);
- уклон проезжей части (20 ‰);
- уклон обочин (40 ‰).

Параметры конструкции не соответствуют II категории автомобильной дороги по СП 34.13330.2012 [1]. Необходимо выполнить уширение земляного полотна, а так же изменение крутизны откосов.

С момента строительства элементы дорожного водоотвода подвергались разрушающим воздействиям эрозии и наносов, в результате чего кюветы в настоящее время не соответствуют заданным геометрическим параметрам и заросло травой, что повлекло за собой размывы земляного полотна сточными водами.

Поверхностный водоотвод осуществляется за счет выпуклого очертания поверхности дороги.

Продольный водоотвод обеспечивается с помощью продольных канав.

Поперечный водоотвод осуществляется с помощью искусственных сооружений. Малые искусственные сооружения по трассе представлены круглыми железобетонными трубами. Постоянно действующих водотоков нет.

### **2.3 Искусственные сооружения**

На участке трассы находится пять водопропускных труб. Они располагаются согласно рельефу местности в пониженных местах, пропускают максимальный паводок расчетной вероятности превышения 3% и удовлетворяют основным техническим требованиям, предъявляемым к проектируемому сооружению.

Трубы находятся в удовлетворительном состоянии. Требуется их удлинение из-за изменения параметров продольного профиля и земляного полотна и очистка от наносов.

Таблица 7 – Ведомость искусственных сооружений

№	ПК +	Наименование водотока	Тип и отверстие сооружения	Угол поворота к оси дороги,	Полная длина
1	06+50	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	21,28
2	19+37	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	14,13
3	23+46	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	15,93
4	27+33	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	21,42
5	48+00	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	34,89

## 2.4 Дорожная одежда

На всем протяжении участка существующая дорожная одежда переходного типа, состоящих из следующих слоев:

- покрытие из асфальтобетона толщиной — 5 см;
- верхний слой основания из асфальтобетонной смеси — 7 см;
- нижний слой основания из щебня — 15 см;
- дополнительный слой основания из щебеночной смеси — 20 см;
- рабочий слой из мелкого песка — 50 см.

Дорожная одежда находится в неудовлетворительном состоянии. Наблюдаются просадочные деформации проезжей части и обочин, колеиность.

## 2.5 Обустройство дороги

На всем протяжении трассы отсутствуют дорожные ограждения и сигнальные столбики. Из дорожных знаков присутствует только знаки 6.3 «Километровый знак», расположенные через 1,5 км друг от друга.

## 2.6 Комплексная оценка безопасности движения

Комплексная оценка безопасности движения выполняется в соответствии с учебным пособием «Комплексная оценка безопасности движения и экологической обстановки при проектировании дорог» [4].

### 2.6.1 Расчет скоростей движения

Для оценки скорости движения при проектировании используем метод А.А. Бельского. Этот метод позволяет анализировать движение по продольному профилю, состоящему из круговых и прямых участков.

Данные для расчета:

- 1) Автомобиль ГАЗ-24 «Волга»;
- 2) Начальная максимальная скорость движения 145км/час;
- 3) Покрытие асфальтобетонное , коэффициент сопротивления качению  $f=0,025$ .

Расчетная скорость определяется по формуле

$$V = \sqrt{(V_0^2 - L) \cdot e^{-2nx} + L}, \quad (2.6.1.1)$$

где  $L$  – параметр автомобиля, определяемый по таблице 1 приложения 1 учебного пособия [12 ] либо по формуле (2.6.1.2);

$V_0$  - начальная максимальная скорость движения;

$e^{-2nx}$  – числовое значение, определяемое по таблице 3 приложения 1 учебного пособия [12] в зависимости от автомобиля, расчетного расстояния и передачи.

$$L = \frac{1}{b} [-G(f \mp i_1)], \quad (2.6.1.2)$$

где  $a$  и  $b$  – параметры, характеризующие тип автомобиля и передачу, на которой осуществляется движение, принимаемый по таблице [12];

$G$  – вес груженого автомобиля, 1915 кг;

Расчет производится в прямом и обратном направлении трассы и сводится в таблицу 8.

Таблица 8 – Расчет скоростей движения на существующей дороге

№	Расстояние, м	Передача	$e^{-2nx}$	L	Формула	V, м/с	V, км/ч
1	2	3	4	5	6	7	8
Прямое направление							
1	600	IV	0,528	1527	$V = \sqrt{(40,28^2 - 1527) \cdot 0,528 + 1527}$	39,71	142,96
2	1000	IV	0,338	2128	$V = \sqrt{(40,28^2 - 2128) \cdot 0,338 + 2128}$	44,21	159,16
3	400	IV	0,649	2334	$V = \sqrt{(40,28^2 - 2334) \cdot 0,649 + 2334}$	43,26	155,74
4	600	IV	0,528	1956	$V = \sqrt{(40,28^2 - 1956) \cdot 0,528 + 1956}$	42,18	151,85
5	1800	IV	0	2128	$V = \sqrt{(40,28^2 - 2128) \cdot 0 + 2128}$	46,13	166,07
6	400	IV	0,649	2248	$V = \sqrt{(40,28^2 - 2248) \cdot 0,649 + 2248}$	42,91	154,48
7	200	IV	0,807	1701	$V = \sqrt{(40,28^2 - 1701) \cdot 0,807 + 1701}$	40,46	145,66
Обратное направление							
1	200	IV	0,807	2334	$V = \sqrt{(40,28^2 - 2334) \cdot 0,807 + 2334}$	45,52	163,87
2	400	IV	0,649	1822	$V = \sqrt{(40,28^2 - 1822) \cdot 0,649 + 1822}$	41,14	148,1
3	1800	IV	0	1956	$V = \sqrt{(40,28^2 - 1956) \cdot 0,1956 + 1956}$	41,70	150,12
4	600	IV	0,549	2128	$V = \sqrt{(40,28^2 - 2128) \cdot 0,549 + 2128}$	43,01	154,84
5	400	IV	0,649	1701	$V = \sqrt{(40,28^2 - 1701) \cdot 0,649 + 1701}$	40,62	146,23
6	1000	IV	0,338	1956	$V = \sqrt{(40,28^2 - 1956) \cdot 0,338 + 1956}$	42,93	154,55
7	600	IV	0,528	2557	$V = \sqrt{(40,28^2 - 2557) \cdot 0,528 + 2557}$	45,42	163,51

Определяем среднетехническую скорость по дороге по формуле

$$V_{\text{ср.общ.}} = \frac{V_{\text{пр.ср.}} + V_{\text{об.ср.}}}{2}, \quad (2.6.1.3)$$

где  $V_{\text{пр.ср.}}$ ,  $V_{\text{об.ср.}}$  - соответственно среднетехнические скорости в прямом и обратном направлениях определяются по формуле (2.6.1.4 и 2.6.1.5).

$$V_{\text{пр.ср.}} = \frac{\omega_{\text{пр.}}}{L}, \quad (2.6.1.4)$$

$$V_{\text{об.ср.}} = \frac{\omega_{\text{об.}}}{L}, \quad (2.6.1.5)$$



где  $\omega_{\text{пр.}}$  и  $\omega_{\text{об.}}$  – соответственно площади скоростей в прямом и обратном направлении;

$L$  – длина участка.

Далее определяем время одного рейса по формуле

$$t = \frac{L}{V_{\text{ср.общ.}}}, \quad (2.6.1.6)$$

где  $L$  – длина трассы, км;

$V_{\text{ср.общ.}}$  – среднетехническая скорость по дороге.

Результаты расчета приведены в графической части на листе № 2, согласно которым делаем вывод, что скорость движения падает в прямом направлении до 142 км/ч на первом участке, далее на всем протяжении трассы в прямом и обратном направлениях скорость автомобиля ГАЗ – 24 «Волга» составляет 145 км/ч.

### **2.6.2 Оценка безопасности движения по графикам коэффициентов аварийности**

Для оценки условий движения используют метод сезонных графиков коэффициентов аварийности, позволяющий учитывать сезонные и кратковременные изменение условий движения на дороге и на этой основе разрабатывать и выбирать мероприятия, повышающие безопасность движения для конкретного периода года с учетом местных погодно-климатических факторов.

Коэффициент аварийности представляет собой произведение частных коэффициентов, учитывающий влияние отдельных элементов плана, продольного и поперечного профилей по формуле

$$K_{\text{ав.ит.}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_{18}, \quad (2.6.2.1)$$

где  $K_1, \dots, K_{18}$  – частные коэффициенты, определяемые отношением количества ДТП на участке дороги при той или иной величине элемента плана или профиля к количеству ДТП на эталонном горизонтальном прямом участке дороги с проезжей частью 7,0 м с шероховатым покрытием и укрепленными обочинами.

Сезонные графики коэффициентов аварийности строят отдельно для летнего, зимнего и переходного периода. Расчетные значения параметров дороги в неблагоприятные периоды года, необходимые для определения частных коэффициентов аварийности, вычисляют путем умножения нормативных значений параметров дороги, соответствующих эталону, на поправочные коэффициенты, учитывающие изменение параметров дороги по периодам года.

Анализ коэффициента аварийности на существующей дороге показал: коэффициент аварийности имеет максимальное значение 13,7 в зимний период года, значения итоговых коэффициентов аварийности не превышают 25, следовательно, проезд по этому участку можно считать безопасным.

Результаты представлены на соответствующей эпюре листа №2 графической части работы.

### **2.6.3 Оценка по графикам коэффициентов безопасности**

Наиболее безопасной для движения является трасса без резких переломов в плане и профиле, и высокой пропускной способностью. Для оценки плавности продольного профиля и обеспечения безопасности строят эпюры скоростей движения, и используя их, строят графики коэффициентов безопасности.

Коэффициентом безопасности определяют по формуле

$$K_{\text{без.}} = \frac{V_{\text{min}}}{V_{\text{max в}}}, \quad (2.6.3.1)$$

где  $V_{\text{min}}$  - минимальная скорость движения, обеспечиваемая тем или иным участком дороги;

$V_{\text{max в}}$  - максимально возможная скорость въезда автомобилей на этот участок.

Соотношение скоростей принимают по эпюре скоростей движения при изменении координат скоростей по длине дороги. Далее по значениям коэффициентов безопасности строят график, на котором выделяют участки по степени опасности, уделяя особое внимание участкам, где  $K_{\text{без.}} < 0,8$ . Эпюры скоростей представлены на листе №2 графической части.

Вывод: на всем протяжении трассы коэффициент безопасности больше 0,8, следовательно условия движения практически неопасные.

## 2.6.4 Оценка по пропускной способности

Пропускной способностью называется максимальное количество автомобилей, которое может пройти по дороге за определенный отрезок времени при определенном режиме движения.

Различают максимальную теоретическую способность, определяемую расчетом по формулам динамической задачи теории движения транспортных потоков для идеализированного колонного движения однотипных автомобилей в благоприятных дорожных условиях, и практически типичную пропускную способность – наибольшее число автомобилей, которое может быть пропущено участком дороги в благоприятных погодных условиях. Для второго случая пропускную способность определяют с использованием опытных коэффициентов, отражающих влияние дорожных условий на изменение пропускной способности по сравнению с горизонтальным прямым участком.

Пропускную способность в разных дорожных условиях рассчитывают по формуле

$$P = \beta \cdot P_{max}, \quad (2.6.4.1)$$

где  $\beta$  – итоговый коэффициент снижения пропускной способности, определяется по формуле (2.6.4.2);

$P_{max}$  – максимальная приведенная к легковому автомобилю пропускная способность, что соответствует двухполосной дороге в обоих направлениях, принимаем равную 2000 авт/час.

$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \dots \cdot \beta_{15}, \quad (2.6.4.2)$$

где  $\beta_1 \dots \beta_{15}$  – частные коэффициенты, учитывающие снижение пропускной способности за счет влияния неблагоприятных условий.

Пропускную способность с учетом фактического состава движения определяют по формуле

$$P_{\phi} = \frac{P}{n_1 \Psi_1 + n_2 \Psi_2 + \dots + n_n \Psi_n}, \quad (2.6.4.3)$$

где  $P$  – пропускная способность приведенного состава;

$n_i$  – количество ( в долях единиц) транспортных средств различных типов;

$\Psi_i$  – величина коэффициентов приведения.

При расчете пропускной способности учитывают зону влияния каждого элемента дороги, в пределах которой происходит изменение режима движения потоков автомобилей.

По полученным значениям строят график изменения пропускной способности дороги, над которым строят график изменения коэффициента загрузки  $Z$  каждого участка, определяемого по формуле

$$Z = \frac{N_{\text{прив}} \cdot 0,1}{P_{\phi}}, \quad (2.6.4.4)$$

где  $N_{\text{прив}}$  – приведенная интенсивность движения, авт/час;

$P_{\phi}$  – пропускная способность с учетом фактического состава движения.

На ПК 0+00 – ПК 6+00, ПК 13+00 – ПК 19+00, ПК 39+00 – ПК 44+00 уровень загрузки составляет 0,485, а пропускная способность – 658. На ПК 6+00-13+00 уровень загрузки составляет 0,490, а пропускная способность – 651. На ПК 19+00 – 35+00 уровень загрузки составляет 0,496, а пропускная способность – 644. На ПК 35+00 – 39+00, ПК 44+00 – 48+00 уровень загрузки составляет 0,480, а пропускная способность – 665. На ПК 48+00 – ПК 50+00 уровень загрузки составляет 0,470, а пропускная способность – 679.

Вывод: Коэффициенты безопасности и уровень загрузки  $< 0,7$ , что является соответствием нормативным требованиям комплексной оценки безопасности движения [4].

График пропускной способности и уровней загрузки приведены на листе №2 графической части.

### **2.6.5 Заключение по комплексной оценке безопасности**

Оценка скорости движения произведена по методу Бельского и на всем протяжении трассы соответствует максимальной скорости расчетного автомобиля ГАЗ-24 «Волга» равной 145 км/ч.

Результаты оценки итоговых коэффициентов аварийности показали, что проезд по данному участку трассы является безопасным.

Оценка плавности продольного профиля и обеспечения безопасности показали, что на всем протяжении трассы отсутствуют резкие переломы и это создает условия для безопасного проезда.

Коэффициенты безопасности и уровня загрузки соответствует нормативным требованиям комплексной оценки безопасности движения [4].

Проанализировав результаты оценки комплексной безопасности движения на существующей дороге, делаем вывод, что проектируемый участок трассы соответствует безопасности эксплуатации.

### 3 Реконструкция дороги

#### 3.1 Определение категории дороги

Категория проектируемой автомобильной дороги устанавливается согласно СП 34.13330.2012 [1].

$$N = N_{\text{исх}} \cdot \frac{m}{100} \quad (3.1.1),$$

где  $N_{\text{исх}} = 2282$  авт./сут.

Расчет представлен в виде таблицы:

Таблица 9 – Определение интенсивности движения

Состав потока	%	N	Коэффициент приведения	N <sub>прив</sub> , прив. авт./сут
Легковые	67	1528,94	1	1528,94
до 2 т	2	45,65	1,3	136,92
2 - 6 т	6	136,92	1,4	177,99
6 - 8 т	7	159,6	1,6	223,44
8 - 14 т	6	136,92	1,8	219,07
Автопоезда: до 12 т	7	159,6	1,8	287,28
от 12 до 20 т	3	68,46	2,2	123,22
Автобусы большой вместимости	2	45,64	3	100,48
Итого:				2797,28

Приводим исходный поток к потоку, состоящему из легковых автомобилей с помощью специальных коэффициентов приведения.

Интенсивность движения на перспективу 20 лет рассчитывается по следующей зависимости:

$$N_{пер} = N_{исх} \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right)^t \quad (3.1.2)$$

где  $N_{пер}$  — перспективная интенсивность, авт./сут;

$N_{исх}$  — исходная интенсивность движения, авт./сут;

$t$  — срок службы автомобильной дороги (принимаем 20 лет);

$P = 6,6$  — коэффициент ежегодного прироста.

Рассчитаем перспективную интенсивность с учетом приведенной, для определения технической категории дороги:

$$N_{пер} = 2797,284 \cdot \left(1 + \frac{6,6}{100}\right)^{20} = 9493 \text{ авт./сут.}$$

Категорию дороги принимаем в зависимости от перспективной интенсивности движения по СП 34.13330.2012 [1].

Вывод: данная автомобильная дорога не справляется с работой и нуждается в реконструкции, а именно в переводе автомобильной дороги III категории в II категорию.

Основные элементы проектируемой дороги в плане, продольном и поперечном профилях назначаются по СП 34.13330.2012 [1] и ГОСТ Р 52399-2005 [3] и заносятся в таблицу 10.

Таблица 10 – Основные технические показатели автомобильной дороги

№	Наименование показателей	Единицы измерения	Величина
1	Категория дороги		II
2	Перспективная интенсивность движения	прив. ед./сут	9493
3	Расчетная скорость движения:	км/ч	120
4	Число полос движения	шт	2
5	Ширина полосы движения	м	3,75
6	Ширина проезжей части	м	7,5
7	Ширина обочины	м	3,75
8	Ширина укрепленной полосы обочины	м	0,75
9	Ширина земляного полотна	м	15
10	Наибольший продольный уклон	‰	40
11	Наименьший радиус кривых в плане:	м	800
12	Расчетные расстояния видимости поверхности дороги: для остановки для встречного автомобиля	м	250 450
13	Наименьшие радиусы выпуклых кривых продольного профиля	м	15000
14	Наименьшие радиусы вогнутых кривых - основных	м	5000

### 3.2 План трассы

При трассировании учтено условие, а именно, реконструируемая дорога по возможности должна совпадать с направлением оси существующей дороги, таким образом, чтобы минимизировать объемы работ. Тем самым обеспечивается оптимальная экономия.

Проектная ось трассы совпадает с существующей осью дороги. Так как радиусы закругления соответствуют минимально допустимым радиусам для II категории автомобильной дороги по СП 34.13330.2012 [1].

Начало реконструкции принято на ПК 0+00,00, что соответствует 190+163 км существующей автомобильной дороги Абакан-Кызыл.

Конец трассы ПК 50+00 соответствует км 195+163 существующей автомобильной дороги Абакан-Кызыл.



Ведомость углов поворота, прямых и круговых кривых по длине автомобильной дороги приведена в прилагаемых документах на листе №1 графической части.

Всего по длине дороге назначено 2 угла поворота. Принятые радиусы поворота назначены исходя из условия обеспечения видимости в плане.

План трассы представлен в графической части на листе №1

### **3.3 Продольный профиль**

Продольный профиль запроектирован по нормам СП 34.13330.2012 [1], для дороги II категории. Радиусы вертикальных выпуклых кривых – 15000 м, вогнутых кривых – 5000 м приняты в соответствии с СП 34.13330.2012 [1].

#### **3.3.1 Обоснование руководящих отметок и контрольных точек**

Руководящие отметки необходимы для того, что бы установить оптимальную высоту насыпи, которая обеспечит нормальные условия эксплуатации земляного полотна. Выделяют три типа местности по увлажнению:

- 1) Сухие участки;
- 2) Сырые участки с избыточным увлажнением в отдельные периоды года;
- 3) Мокрые участки, с постоянным избыточным увлажнением.

Руководящая отметка для I типа местности по увлажнению определяется из условия снеготранспорта дороги. Условие снеготранспорта заключается в том, чтобы отметка бровки насыпи должна быть не менее величины определяемой по формуле

$$h_p = h_{\text{сн.}} + \Delta h, \quad (3.3.1.1)$$

где  $h_{\text{сн.}}$  - расчетная толщина снежного покрова с обеспеченностью 5%;

$\Delta h$  - возвышение бровки насыпи над уровнем снежного покрова для III категории дороги = 0,6 метра.

$$h_p = 0,5 + 0,7 = 1,2 \text{ м.}$$

Руководящая отметка для первого типа местности по увлажнению определяется по формуле

$$h_1 = h_p + i_{об.} \cdot b_2 + i_{поп.} \cdot \frac{b_1}{2}, \quad (3.3.1.2)$$

где  $b_1$  - ширина покрытия;

$b_2$  - ширина обочины за вычетом краевой полосы;

$i_{об.}$  - поперечный уклон неукрепленной части обочины, 40‰;

$i_{поп.}$  - поперечный уклон проезжей части и краевой полосы, 20‰.

$$h_1 = 1,2 + 0,040 \cdot 3,75 + 0,020 \cdot \frac{7,5}{2} = 1,42 \text{ м.}$$

Руководящую отметку для II типа местности по увлажнению определяют верха покрытия дорожной одежды до поверхности земли или до уровня поверхностных вод по формуле

$$h_{II} = h_{1н} + h_{пв} + i_{поп.} \cdot \frac{b_1}{2}, \quad (3.3.1.3)$$

где  $h_{пв}$  - толщина слоя воды над поверхностью земли;

$h_{1н}$  - возвышение поверхности дорожного покрытия дорожной одежды над поверхностью земли;

$b_1$  ширина покрытия = 0,9м;

$b_2$  - ширина обочины за вычетом краевой полосы;

$i_{об.}$  – поперечный уклон неукрепленной части обочины;

$i_{поп.}$  - поперечный уклон проезжей части и краевой полосы.

Значения  $h_{1н}$  принимаются в зависимости от дорожно климатической зоны и грунта рабочего слоя.

$$h_{II} = 0,9 + 0 + 0,020 \cdot \frac{7,5}{2} = 0,97 \text{ м.}$$

Руководящую отметку для III типа местности по увлажнению определяют от верха покрытия дорожно одежды до уровня грунтовых или поверхностных вод, стоящих более 30 суток, по формуле

$$h_{III} = h_{2н} + h_{гв} + i_{поп.} \cdot \frac{b_1}{2}, \quad (3.3.1.4)$$

где  $h_{2н}$  – возвышение поверхности покрытия дорожной одежды над уровнем грунтовых вод = 1,2м;  $h_{гв}$  – расстояние от поверхности земли до уровня грунтовых вод = 0,40м.

$$h_{III} = 1,2 + 0,40 + 0,02 \cdot \frac{7,5}{2} = 1,67 \text{ м.}$$

К контрольным точкам относят начало и конец трассы, отметки проезжих частей мостов и путепроводов. Минимальные отметки насыпи над трубами, отметки головки рельса железных дорог и отметки проезжих частей, существующих дорог на пересечениях в одном уровне. Ведомость контрольных точек и представлена в таблице 9.

Руководящая отметка для труб определяется по формуле

$$H = d + \Delta + \delta + h_{до} \quad (3.3.1.5)$$

где  $d$  – диаметр трубы;

$\Delta$  - толщина засыпки над трубой;

$\delta$  – толщина стенки трубы;

$h_{до}$  – толщина дорожной одежды.

$$H = 1,5 + 0,5 + 0,12 + 0,52 = 2,64 \text{ м.}$$

Таблица 11 – Ведомость контрольных точек

Местоположение		Отметка, м	Вид контрольной точки
ПК	+		
0	00	218,61	НТ
08	00	234,58	Труба
19	00	227,73	Труба
23	46	226,28	Труба
26	00	226,55	АД
27	33	226,38	Труба
36	00	223,59	АД
48	00	215,43	Труба
50	00	218,76	КТ

### 3.3.2 Описание проектной линии

Проектная линия продольного профиля запроектирована по оси проезжей части и увязана с проектной линией смежных участков. Элементы продольного профиля приняты в соответствии с требованиями

СП 34.13330.2012 [1] из условия обеспечения расчетной скорости и безопасности движения, а также зрительного восприятия.

Ведомость отметок земли по оси дороги представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Ведомость отметок земли по оси дороги

ПК	+	Отметка	Вид точки
0	00	218,61	НТ
1	00	220,54	ПК
2	00	222,95	ПК
3	00	225,78	ПК

Продолжение таблицы 12

ПК	+	Отметка	Вид точки
4	00	230,47	ПК
5	00	232,49	ПК
6	00	233,61	ПК
7	00	232,68	ПК
8	00	231,74	Труба
9	00	233,15	ПК
10	00	233,43	ПК
11	00	232,96	ПК
12	00	233,05	ПК
13	00	232,54	ПК
14	00	231,82	ПК
15	00	231,13	ПК
16	00	229,82	ПК
17	00	227,76	ПК
18	00	226,11	ПК
19	00	223,37	ПК
19	37	221,95	Труба
20	00	223,65	ПК
21	00	223,91	ПК
22	00	223,36	ПК
23	00	222,00	ПК
23	46	221,46	Труба
24	00	221,97	ПК
25	00	223,50	ПК
26	00	225,23	ПК
27	00	222,79	ПК
27	33	220,90	Труба
28	00	222,35	ПК
29	00	223,54	ПК
30	00	223,11	ПК
31	00	222,35	ПК
32	00	222,06	ПК
33	00	221,83	ПК
34	00	221,21	ПК
35	00	221,25	ПК
36	00	220,50	ПК
37	00	218,23	ПК
38	00	216,35	ПК
39	00	219,09	ПК
40	00	219,12	ПК
41	00	219,21	ПК
42	00	218,99	ПК
43	00	217,96	ПК
44	00	218,68	ПК
45	00	218,40	ПК
46	00	216,73	ПК
47	00	213,83	ПК
48	00	205,21	Труба

49	00	215,11	ПК
50	00	217,29	КТ

Видимость в плане и продольном профиле обеспечена.

Продольный профиль представлен в графической части на листе № 2.

### 3.4 Поперечные профили

Конструкция поперечных профилей земляного полотна назначена согласно II категории дороги, с учетом плана и продольного профиля.

Поперечные профили запроектированы в соответствии с требованием СП 34.13330.2012 [1] и ГОСТ Р 52399-2005 [7].

Параметры профилей:

- ширина проезжей части (7,5 м);
- ширина обочин (3,75 м);
- уклон проезжей части (20 ‰);
- уклон обочин (40 ‰).

Поперечный профиль проезжей части – двухскатный. На кривых малого радиуса с ПК 8+46 по ПК 9+80 и с ПК 31+82 по ПК 32+72 устраивается вираж с поперечным уклоном – 40 ‰.

Типы поперечных профилей:

Тип 1а – высота насыпи до 2 м с кюветами с заложением откосов – 1:4;

Тип 1 – высота насыпи от 2 до 3 м без кюветов с заложением откосов – 1:4;

Тип 2 – высота насыпи от 3 до 6 м с заложением откосов – 1:1,5;

Тип 3 – высота насыпи от 6 до 12 м с переменным заложением откосов.

Заложение откосов на первые 6 м – 1:1,5, ниже – 1:1,75.

Детальная конструкция поперечных профилей приведена на листе № 3 графической части.

### 3.5 Дорожный водоотвод

Участок реконструируемой дороги запроектирован на косогорных и пологих участках местности, что требует принятия конструктивных решений по вопросам водоотвода, во избежание размывающего действия ливневых потоков на земляное полотно.

На правой половине земляного полотна кюветы запроектированы на участках: ПК34+20 – ПК36+20. На остальных участках кюветы либо с обеих сторон, либо отсутствуют, в зависимости от высоты насыпи.

Кюветы имеют треугольное сечение, которые позволяют разместить там снег, сбрасываемый с проезжей части в зимнее время, улучшая условия эксплуатации и видимости и позволяя применять механизированную очистку кюветов.

Продольный водоотвод обеспечивается таким продольным уклоном по дну кювета, чтобы беспрепятственно осуществлялся сток воды. Минимальный уклон дна кювета 5‰, а наибольший – 42‰. При уклоне от 10‰ до 30‰ предусмотрено укрепление кюветов засевом трав, при уклоне более 30‰ предусмотрено мощение.

Поперечный водоотвод обеспечивается нормативным поперечным уклоном проезжей части – 20‰ и обочины – 40‰, а так же искусственными сооружениями.

Гидравлический расчет проводим по справочнику инженера-дорожника [5]. Вычисляем значение расхода ливневых вод для трех труб по формуле

$$Q_{\text{л}} = 16,7 \cdot a_{\text{ч}} \cdot K_t \cdot \alpha \cdot \varphi \cdot F, \quad (3.5.1)$$

где  $a_{\text{ч}}$  – интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин;

$K_t$  – коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к интенсивности ливня расчетной продолжительности;

$\alpha$  – коэффициент потерь стока;

$\varphi$  – коэффициент редукции;

$F$  – площадь бассейна, км<sup>2</sup>.

$$Q_{л1} = 16,7 \cdot 0,89 \cdot 1,71 \cdot 0,6 \cdot 0,2 \cdot 2,65 = 8,05;$$

$$Q_{л2} = 16,7 \cdot 0,89 \cdot 1,71 \cdot 0,6 \cdot 0,2 \cdot 2,69 = 8,17;$$

$$Q_{л3} = 16,7 \cdot 0,89 \cdot 1,71 \cdot 0,6 \cdot 0,2 \cdot 2,70 = 8,20;$$

$$Q_{л4} = 16,7 \cdot 0,89 \cdot 1,71 \cdot 0,6 \cdot 0,2 \cdot 2,75 = 8,36;$$

$$Q_{л5} = 16,7 \cdot 0,89 \cdot 1,71 \cdot 0,6 \cdot 0,2 \cdot 2,83 = 8,50;$$

По графику определения пропускной способности типовых труб (рисунок 15.14 справочника инженера – дорожника [5]) и по гидравлическим характеристикам типовых круглых труб (таблица 15.10 справочника инженера – дорожника [5]) делаем вывод, что существующие водопропускные трубы диаметром 1,5 м справляются с существующим потоком воды, требуется их удлинение из-за изменения параметров продольного профиля и земляного полотна и очистка от наносов.

### **3.6 Расчет дорожной одежды**

В данной работе предполагается разработка двух вариантов конструкции дорожной одежды нежесткого типа. При расчете руководствуемся ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд» [6].

Расчет дорожной одежды производится по четырём критериям:

- по допускаемому упругому прогибу;
- на растяжение при изгибе монолитных слоёв;
- на активное сопротивление сдвигу в несвязных слоях дорожной одежды или грунте;



- на морозостойкость.

Исходные данные:

- 1) район проектирования – республика Хакасия.
- 2) грунт земляного полотна в активной зоне – суглинок легкий пылеватый.
- 3) местность по условиям увлажнения – 1.
- 4) II категория дороги

Так как II категория дороги, то проектируем дорожную одежду капитального типа – 115 кН.

Приведенную интенсивность на последний год службы определяют по формуле

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{m=1}^N N_m \cdot S_{m \cdot \text{сут}}, \quad (3.6.1)$$

где  $f_{\text{пол}}$  - коэффициент, учитывающий число полос (0,55 т.к. 2 полосы);

$S_{m \cdot \text{сут}}$  - суммарный коэффициент приведения;

$N_m$  – число проездов в сутки, в обоих направлениях транспортных средств  $m_i$  марки.

Результаты расчета сводим в таблицу 13.

Таблица 13 – Определение величины приведенной интенсивности на последний год службы

Вид транспорта	%	$N_i$ пере а/сут	$S_m \cdot \text{сут}$	$N_m \cdot S_m$
Легковые автомобили	67	4134,70	0	0,00
Грузовые до 2т	2	123,42	0,005	0,61
от 2т до 6т	6	370,27	0,2	74,05
от 6т до 8т	7	431,98	0,7	302,38
от 8т до 14т	6	370,27	1,25	462,84
Автопоезда до 12т	7	431,98	1,5	647,97
от 12т до 20т	3	185,13	1,5	277,72
Автобусы	2	123,42	0,7	86,39

$\Sigma 1851,97$

Количество полос III категории – 2 полосы, т.к. 2-х полосная дорога  
значение коэффициента  $f_{\text{пол}} = 0,55$ .

$$N_p = f_{\text{пол}} \cdot \sum_{m=1}^n N_m \cdot S_{m\text{сум}} \quad (3.6.2)$$

$$N_p = 0,55 \cdot 1851,97 = 1018,58 \text{ прив.груз/сут}$$

Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки в точке на поверхности конструкции за срок службы определяется по формуле

$$\sum N_p = 0,7 \cdot N_p \cdot \frac{K_c}{q^{(T_{\text{сл}}-1)}} T_{\text{рдг}} \cdot k_n, \quad (3.6.2)$$

где  $K_c$  – коэффициент суммирования, определяется по формуле (3.6.3);

$T_{\text{рдг}}$  - расчетное число, расчетных дней в году соответствующих определенному состоянию деформируемой конструкции, для республики Хакасия  $T_{\text{рдг}} = 130$  дней (таблица П 6.1 ОДН [6]);

$k_n$  – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего, ожидаемого,  $k_n = 1,38$ .

$q$  - ежегодный прирост

$T_{\text{сл}}$  - срок службы дорожной одежды, 20 лет;

$N_p$  – суточная интенсивность движения автомобилей, авт./сут.

$$K_c = \frac{q^{T_{\text{сл}}} - 1}{q - 1}, \quad (3.6.3)$$

где  $q$  – то же, что и в формуле (3.6.2).

$$K_c = \frac{1,051^{20} - 1}{1,051 - 1} = 33,41.$$

$$q = 1 + \frac{p}{100}, \quad (3.6.4)$$

где  $p$  - коэффициент ежегодного прироста, %.

$$q = 1 + \frac{5,1}{100} = 1,051.$$

$$\Sigma N_p = 0,7 \cdot 1018,58 \cdot \frac{33,41}{1,051^{(20-1)}} 130 \cdot 1,38 = 1516820 \text{ шт.}$$

Конструкция дорожной одежды проходит по требованиям прочности и надежности по величине упругого прогиба, если выполняется условие

$$\frac{E_{\text{общ}}}{E_{\text{тр}}} \geq K_{\text{пр}}, \quad (3.6.5)$$

где  $E_{\text{общ}}$  – общие модули упругости на поверхности слоев, МПа;

$E_{\text{тр}}$  – требуемый модуль упругости, МПа, определяется по формуле (3.6.6);

$K_{\text{пр}}$  – требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба, принимаемый в зависимости от требуемого уровня надежности,  $K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,17$ .

$$E_{\text{min}, \text{mp}} = 98,65 \cdot [\log(\Sigma N_p) - c], \quad (3.6.6)$$

где  $N_p$  – суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки в точке на поверхности конструкции за срок службы;

$c$  – эмпирический параметр, применяемый для расчетной нагрузки на ось,  $c=3,25$ .

$$98,65 \cdot [\log(1516820) - 3,25] = 289,13 \text{ МПа.}$$

$E_{\text{тр}} = 220$  МПа по ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд» [6]. За расчетное значение принимаем  $E_{\text{мин}}$ , так как  $E_{\text{тр}} < E_{\text{мин}}$ .

При подборе слоёв конструкции дорожной одежды используем ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон [7], ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ [8] и ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ [9].

Расчет двух вариантов дорожной одежды по четырем критериям прочности производится в программе IndorPavement 9.1 и приведен в приложении А

Конструкция дорожной одежды приведена в графической части на листе №4.

Локальная смета на устройство первого варианта дорожной одежды представлена в приложении Б

Локальная смета на устройство второго варианта дорожной одежды представлена в приложении Г.

Вывод: сравнив капитальные стоимости двух вариантов дорожной одежды, делаем вывод, что экономичнее будет применение конструкции дорожной одежды первого варианта.

### **3.7 Искусственные сооружения**

Существующие трубы располагаются согласно рельефу местности в пониженных местах. Они пропускают максимальный паводок расчетной вероятности превышения 2% и удовлетворяют основным техническим требованиям, предъявляемым к проектируемому сооружению.

Следовательно после изменений проведенных в продольном и поперечном профилях необходимо произвести удлинение водопропускных труб. Ведомость искусственных сооружений представлена в таблице 14.

Таблица 14 – Ведомость искусственных сооружений

№	ПК +	Наименование водотока	Тип и отверстие сооружения	Угол поворота к оси дороги,	Полная длина
1	06+50	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	27,57
2	19+37	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	25,32
3	23+46	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	21,16
4	27+33	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	26,46
5	48+00	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	40,53

Трубу на ПК 06+50 необходимо удлинить на четыре звена с каждой стороны. Трубу на ПК 19+37 необходимо удлинить на шесть звеньев с каждой стороны. Трубу на ПК 23+46 необходимо удлинить на три звена с каждой стороны. Трубу на ПК 27+33 необходимо удлинить на три звена с каждой стороны. Трубу на ПК 48+00 необходимо удлинить на три звена с каждой стороны.

### **3.8 Комплексная оценка безопасности движения на дороге после реконструкции**

Комплексная оценка безопасности движения производится аналогично описанию в главе 2 пункт 2.6.

После проведения реконструкции автомобильной дороги результаты комплексной оценки составили:

1. Скорость движения на всем протяжении трассы в прямом и обратном направлениях составляет автомобиля ГАЗ – 24 «Волга» 145 км/ч;

2. Анализ коэффициента аварийности на проектируемом участке дороги показал: коэффициент аварийности имеет максимальное значение 8,16 в зимний период года, значения итоговых коэффициентов аварийности не превышают 25, следовательно, проезд по этому участку можно считать безопасным.

3. Коэффициенты безопасности и уровень загрузки  $< 0,7$ , что является соответствием нормативным требованиям комплексной оценки безопасности движения.

Вывод: результаты комплексной оценки безопасности движения на участке трассы после реконструкции находятся в пределах нормативных значений, следовательно дорога обеспечивает безопасное движение.

Результаты оценки приведены в графической части на листе № 2.

### 3.9 Подсчет объема земляных работ

При проектировании автомобильных дорог определяют объемы насыпей и выемок, резервов и кавальеров, кюветов, котлованов и других земляных работ. Объемы земляных работ необходимо знать для сравнения вариантов дорог, для проектирования продольного профиля, составления проекта организации работ.

При определении объема земляных работ используют формулу Винклера. По этой формуле объем призматоида определяют через среднеарифметическое площадей сечений в начале и в конце участка по формуле

$$V = \left( \frac{F_i + F_{i-1}}{2} - \frac{m_i \cdot (h_i - h_{i-1})^2}{16} \right) \cdot L_i, \quad (3.9.1)$$

где  $F_{i-1}$ ,  $F_i$ ,  $F_{cp}$  – площади поперечных сечений в начале, конце и середине участка;

$L_i$  – расстояние между сечениями земляного полотна  $i$  и  $i-1$ ;

$h_i$ ,  $h_{i-1}$  – рабочие отметки в  $i$  и  $i-1$  сечениях, соответственно;

$m_i$  – заложение откоса.

При подсчете объемов земляных работ учитываются следующие поправки:

- 1) Поправка на косогорность, при поперечном уклоне более 100%;

- 2) Поправка на разность рабочих отметок;
- 3) Поправка на устройство дорожной одежды;
- 4) Поправка на разность ширины земляного полотна;
- 5) Поправка на снятие растительного слоя грунта;
- 6) Поправка на искусственное уплотнение грунта в насыпях.

Таким образом, объемы земляных работ составили: 352449 м<sup>3</sup>.

Объемы земляных работ подсчитываются с помощью ЭВМ. Расчет представлен в приложении В. График распределения земляных масс приведен в графической части на листе № 5.

### **3.10 Полоса отвода автомобильной дороги**

Полоса отвода автомобильной дороги – земельные участки (независимо от категории земель), которые предназначены для размещения конструктивных элементов автомобильной дороги, дорожных сооружений и на которых располагаются или могут располагаться объекты дорожного сервиса.

Положение границ полосы отвода автомобильной дороги в нормах отвода установлено в зависимости от:

- Категории автомобильной дороги;
- Количества полос движения;
- Высоты насыпей или глубины выемок;
- Наличия боковых резервов;
- Крутизны откосов земляного полотна;
- Требований обеспечения безопасности движения и боковой видимости.

Ширину земельных участков, предназначенных для обеспечения необходимых условий производства работ по содержанию автомобильных дорог в пределах полосы отвода, принимаем не менее 3 м с каждой стороны дороги.

В соответствии с постановлением правительства от 2.09.2009 №717 «О нормах отвода земель для размещения автомобильных дорог и (или) объек-

тов дорожного сервиса» [10], определяем ширину полосы отвода для каждого участка автомобильной дороги. Постоянный отвод земель назначаем с учетом видимости.

Полоса отвода приведена в графической части на листе № 5.

#### **4 Обустройство дороги**

Обстановка дороги включает в себя работы по установке сигнальных железобетонных столбиков, металлического барьерного ограждения, дорожных знаков и нанесение разметки. Все работы выполняются специализированными подразделениями.

Километровые знаки ставятся с одной стороны трассы, через каждый километр существующего километража. Сигнальные столбики расставляют с обеих сторон трассы через каждые 50 м. Барьерные ограждения устанавливают в тех местах, где высота насыпи составляет более 3 м и на трубах.

Дорожные сигнальные столбики по техническим параметрам и способам размещения на автомобильных дорогах должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 50970-2011 Технические средства организации дорожного движения [11] и ГОСТ Р 52289-2004 Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств [12].

Конструкция дорожных ограждений должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 52607-2006 Технические средства организации дорожного движения [13]. Установка ограждений на автомобильных дорогах должна быть выполнена по ГОСТ Р 52289-2004 Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств [12].

Разметку наносят с помощью маркировочной машины по оси проезжей части, для разделения полос движения, и по кромке проезжей части, для обозначения укрепительной полосы. По техническим параметрам дорожная раз-



метка должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 51256-2011 Технические средства организации дорожного движения, разметка дорожная [14]. Нанесение дорожной разметки на покрытие и элементы дорожных сооружений осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 52289-2004 Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств [12].

Ведомость дорожных знаков и разметки приведена в таблице 15.

Таблица 15 – Ведомость дорожных знаков и разметки

Привязка	Номер и название
<b>Дорожные знаки</b>	
ПК24+87; ПК25+13; ПК34+87; ПК35+13	2.1 – «Главная дорога»
ПК25+00; ПК45+86	2.4 – «Уступите дорогу»
ПК 0+00; ПК10+00; ПК20+00; ПК30+00; ПК40+00; ПК50+00	6.3 – «Километровый знак»
<b>Дорожная разметка</b>	
	1.4 – остановка запрещена
ПК06+00 - ПК07+20; ПК11+95 - ПК30+60; ПК33+90 – ПК44+00 ПК48+00 – ПК50+00	1.5 – разделение транспортных потоков
ПК07+00 - ПК07+20; ПК30+40 - ПК30+60 ПК43+80 – ПК44+00	1.6 – переход в сплошную линию
ПК0+00 – ПК06+00 ПК07+20 – ПК11+95 ПК30+60 – ПК33+90 ПК44+00 – ПК48+00	1.1 – сплошная линия

## 5 Проектирование насыпи на болоте

### 5.1 Определение осадки насыпи на болоте

Проектируемая автомобильная дорога с ПК 41+00 по ПК 42+00 проходит по болоту. При проектировании насыпи на слабых основаниях необходимо обеспечить устойчивость основания, то есть исключить боковое выдавливание слабого грунта из-под насыпи, стабильность основания, т.е. интен-

сивная часть осадки (90-% консолидации) должна завершиться до устройства покрытия, чтобы упругие колебания земляного полотна при движении транспортных средств не превышали значений, допускаемых для данного типа покрытий.

Исходные данные:

1. Высота насыпи - 2,4м;
2. Заложение откоса – 1,5м;
3. Ширина земляного полотна – 15 м;
4. Удельный вес грунта – 2,0 г/см<sup>3</sup>;
5. Срок консолидации – 3 месяца.
6. Класс нагрузки А = 20К, [15].

Таблица 16– Характеристики залегающих слоев

№ слоя	Коэффициент пористости	Коэффициент фильтрации, см/час	Удельный вес торфа, г/см <sup>3</sup>	Степень разложения, %
1	$\varepsilon_1=8,6$	$K_{\phi 1}=0,022$	$\gamma_1=0,7$	$n_1=80$
2	$\varepsilon_2=7,2$	$K_{\phi 2}=0,024$	$\gamma_2=1,2$	$n_2=70$
3	$\varepsilon_3=6,4$	$K_{\phi 3}=0,024$	$\gamma_3=1,0$	$n_3=80$

Расчет начинаем с определения устойчивости основания через коэффициент безопасности:

$$K_{\text{без}} = \frac{P_{\text{без}}}{P_{\text{расч}}}, \quad (5.1.1)$$

где  $P_{\text{без}}$  – безопасная нагрузка на основание;  $P_{\text{расч}}$  – расчетная нагрузка на основание.

$$K_{\text{без}} = \frac{159,6}{84,34} = 1,9. \quad (5.1.2)$$

При определении  $K_{\text{без}}$  учитывают скорость отсыпки насыпи: быструю отсыпку на полную высоту с запасом на осадку и медленную отсыпку, при которой скорость передачи нагрузки соответствует скорости нарастания прочности основания в результате процесса консолидации.

1) Устойчивость основания считается обеспеченной при условии  $K_{\text{без}} \geq 1$ .

Безопасная нагрузка:

$$P_{\text{без}} = \left[ \frac{c + \gamma_T \cdot z \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\beta} \right], \quad (5.1.3)$$

где  $z$  – толщина торфяной залежи;  $c$  и  $\varphi$  – расчетные значения сцепления и угла внутреннего трения слабого грунта на расчетном горизонте  $z$ ;  $\gamma_T$  – удельный вес грунта слабой толщи;  $\beta$  – функция глубины расположения расчетного горизонта  $Z$ , геометрических параметров насыпи и расчетного угла внутреннего трения грунта основания.

При высоте насыпи менее 2,5-3,5 м:

$$\beta = 0,310 - 0,006\varphi. \quad (5.1.4)$$

Учитывая, что в нашем случае имеется тир слоя торфа, для каждого выбираем свой вид согласно степени разложения. Результаты сводим в таблицу 17.

Таблица 17 – Характеристики слоев торфяной залежи

№ слоя	Угол внутреннего трения $\varphi$ , град	Сила сцепления $c$ , Т/м <sub>2</sub>	Вид торфа	Степень разложения, %
1	28	2,5	Осоковый	80
2	14	7,8	Травяно-древесный	70
3	28	2,5	Осоковый	80

$$\beta_{1,3} = 0,310 - 0,006 \cdot 28 = 0,142,$$

$$\beta_2 = 0,310 - 0,006 \cdot 14 = 0,226.$$

$$P_{\text{без } 1} = \left[ \frac{0,025 + 0,7 \cdot 160 \cdot \operatorname{tg} 28}{0,142} \right] = 419,8 \text{ кПа},$$

$$P_{\text{без } 2} = \left[ \frac{0,078 + 1,2 \cdot 120 \cdot \operatorname{tg} 14}{0,226} \right] = 159,6 \text{ кПа},$$

$$P_{\text{без 3}} = \left[ \frac{0,025 + 0,7 \cdot 260 \cdot \text{tg} 28}{0,142} \right] = 974,3 \text{ кПа.}$$

Расчетная нагрузка  $P_{\text{расч}}$  определяется в следующей последовательности:

1) Вычисляют давление на поверхность торфяного основания от временной нагрузки при наиболее неблагоприятном ее расположении (при длительной остановке на дороге четырех колонн автомобилей: два автомобиля стоят на обочинах, два – на каждой полосе движения).

Давление от временной нагрузки  $P_v$  распределяется в теле насыпи под углом  $45^\circ$ , и на поверхности торфяного основания при высоте насыпи  $h_n$ :

$$P_v = g_k \cdot K, \quad (5.1.5)$$

где  $K$  – количество колес двух задних осей расчетного автомобиля, создающих суммарное давление, распространяющееся под углом  $45^\circ$ ;  $g_k$  – удельное давление от одного колеса, МПа:

$$g_k = \frac{P_k}{F}, \quad (5.1.6)$$

$$F = \frac{\pi \cdot (D + 2 \cdot h_n)^2}{4}, \quad (5.1.7)$$

где  $F$  – площадь круга в основании насыпи при диаметре следа колеса  $D=60\text{см}$  ( для  $H=30$ );  $(D+2 h_n)$  – диаметр круга в основании насыпи при высоте  $h_n$ ;  $h_n$  – высота насыпи, см.

$$F = \frac{3,14 \cdot (0,6 + 2 \cdot 2,4)^2}{4} = 22,89 \text{ м}^2 = 228900 \text{ см}^2,$$

$$g_k = \frac{6000}{228900} = 0,026 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} = 2,6 \text{ кПа},$$

$$P_B = 2,6 \cdot 4,8 = 12,48 \text{ кПа}.$$

2) Давление на торф от собственного веса насыпи

$$P_H = \gamma_r \cdot h_H, \quad (5.1.8)$$

где  $\gamma_r$  – удельный вес грунта,  $\text{кг/см}^3$ ;  $h_H$  – высота насыпи, см.

$$P_H = 2,0 \cdot 240 = \frac{480\text{г}}{\text{см}^2} = 48\text{кПа}. \quad (5.1.9)$$

3) Общее давление от временной нагрузки и собственного веса насыпи

$$P = P_B + P_H, \quad (5.1.10)$$

$$P = 12,48 + 48 = 60,48\text{кПа}.$$

4) Необходимо учесть дополнительное давление от веса грунта погруженной в торфяной массив насыпи

$$P_{oc} = \gamma_1 \cdot S, \quad (5.1.11)$$

$$\gamma_1 = (1 - h_r)(\gamma_r - 1), \quad (5.1.12)$$

где  $\gamma_1$  – удельный вес грунта, уменьшенный за счет объемной силы воды в торфе;  $h_r$  – пористость грунта насыпи, %;  $\gamma_r$  – удельный вес грунта насыпи;  $S$  – величина осадки в результате уплотнения торфа, см.

$$\gamma_1 = (1 - 0,3)(2 - 1) = 0,7 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \quad (5.1.13)$$

$$S = H \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_p}{\varepsilon_0 + 1}, \quad (5.1.14)$$

где  $H$  – мощность торфяной залежи, см;  $\varepsilon_0$  – коэффициент пористости торфяного грунта в естественном состоянии;  $\varepsilon_p$  – коэффициент пористости торфяного грунта при нагрузке  $P$ . Коэффициент  $\varepsilon_p$  определяют по упрощенному компрессионному уравнению Н.Н. Иванова

$$\varepsilon_p = \varepsilon_1 - Z \cdot \ln P, \quad (5.1.15)$$

где  $Z$  – постоянный коэффициент, зависящий от вида торфа =1,2 ( $\varepsilon_1=6,9$ ) для осокового и травяно-древесного.

Если торфяная залежь представлена несколькими слоями, коэффициенты  $\varepsilon_p$  и величину осадки определяют для каждого слоя ( $\Delta S$ ).

$$= \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \dots + \Delta S, \quad (5.1.16)$$

где 1,2,...,n – количество слоев торфяной залежи, расчет сводят в таблицу 18.

Таблица 18 – Результаты расчета осадки торфяной залежи

Участок трассы		H	P	Z	E1	lnP	Ep	Eo	Eo-Ep			S, см
пк	+											
41	10	1,0	60,4	1,2	6,9	4,10	1,98	8,60	6,62	0,69	0,69	1,617
		0,8	60,4	1,2	6,9	4,10	1,98	7,20	5,22	0,64	0,51	
		0,7	60,4	1,2	6,9	4,10	1,98	6,40	4,42	0,60	0,42	
41	30	1,5	60,4	1,2	6,9	4,10	1,98	8,60	6,62	0,69	1,03	2,993
		1,2	60,4	1,2	6,9	4,10	1,98	7,20	5,22	0,64	0,76	
		2,0	60,4	1,2	6,9	4,10	1,98	6,40	4,42	0,60	1,19	
41	60	1,6	60,4	1,2	6,9	4,10	1,98	8,60	6,62	0,69	1,10	3,420
		1,2	60,4	1,2	6,9	4,10	1,98	7,20	5,22	0,64	0,76	
		2,6	60,4	1,2	6,9	4,10	1,98	6,40	4,42	0,60	1,55	
41	80	1,5	60,4	1,2	6,9	4,10	1,98	8,60	6,62	0,69	1,03	2,985
		1,0	60,4	1,2	6,9	4,10	1,98	7,20	5,22	0,64	0,64	
		2,2	60,4	1,2	6,9	4,10	1,98	6,40	4,42	0,60	1,31	
40	90	1,0	60,4	1,2	6,9	4,10	1,98	8,60	6,62	0,69	0,69	1,191
		0,6	60,4	1,2	6,9	4,10	1,98	7,20	5,22	0,64	0,38	
		0,2	60,4	1,2	6,9	4,10	1,98	6,40	4,42	0,60	0,12	

1) Вносят поправку в расчетное давление, добавляя к давлению от временной и постоянной нагрузок дополнительное давление от веса погруженной в торфяной массив части насыпи

$$P_{\text{расч}} = P + P_{\text{ос}}, \quad (5.1.17)$$

$$P_{\text{ос}} = 0,7 \cdot 342 = 239,4 \text{ г/см}^3 = 23,94 \text{ кПа},$$

$$P_{\text{расч}} = 60,4 + 23,94 = 84,34 \text{ кПа}.$$

Для расчета откорректированного давления повторяем вышеприведенный расчет осадки насыпи и результаты заносим в таблицу 19.

Таблица 19 – Откорректированный расчет осадки насыпи торфяной залежи

Участок трассы		H	P	Z	E1	lnP	Ep	Eo	Eo-Ep		дельта S	S,см
пк	+											
41	10	1,0	84,3	1,2	6,9	4,43	1,58	8,60	7,02	0,73	0,73	1,734
		0,8	84,3	1,2	6,9	4,43	1,58	7,20	5,62	0,68	0,55	
		0,7	84,3	1,2	6,9	4,43	1,58	6,40	4,82	0,65	0,46	
41	30	1,5	84,3	1,2	6,9	4,43	1,58	8,60	7,02	0,73	1,10	3,220
		1,2	84,3	1,2	6,9	4,43	1,58	7,20	5,62	0,68	0,82	
		2,0	84,3	1,2	6,9	4,43	1,58	6,40	4,82	0,65	1,30	
41	50	1,6	84,3	1,2	6,9	4,43	1,58	8,60	7,02	0,73	1,17	3,683
		1,2	84,3	1,2	6,9	4,43	1,58	7,20	5,62	0,68	0,82	
		2,6	84,3	1,2	6,9	4,43	1,58	6,40	4,82	0,65	1,69	
41	70	1,5	84,3	1,2	6,9	4,43	1,58	8,60	7,02	0,73	1,10	3,213
		1,0	84,3	1,2	6,9	4,43	1,58	7,20	5,62	0,68	0,68	
		2,2	84,3	1,2	6,9	4,43	1,58	6,40	4,82	0,65	1,43	
41	90	1,0	84,3	1,2	6,9	4,43	1,58	8,60	7,02	0,73	0,73	1,272
		0,6	84,3	1,2	6,9	4,43	1,58	7,20	5,62	0,68	0,41	
		0,2	84,3	1,2	6,9	4,43	1,58	6,40	4,82	0,65	0,13	

2) Проверяем условие

$$K_{\text{без}} = \frac{P_{\text{без}}}{P_{\text{расч}}} \geq 1; \quad (5.1.18)$$

$$K_{\text{без}} = \frac{159,6}{84,34} = 1,9 \geq 1 - \text{условие выполняется.}$$

## 5.2 Определение продолжительности осадки насыпи на болоте

Продолжительность осадки на болоте определяют в следующей последовательности:

1) Определяем коэффициент сжимаемости каждого слоя торфа для ранее вычисленного давления  $P_{\text{рас}}$ . Расчет ведется по самому опасному поперечному сечению:

$$a_i = \frac{\varepsilon_{0i} - \varepsilon_{pi}}{P_{\text{рас}}}; \quad (5.2.1)$$

$$a_1 = \frac{8,6 - 1,58}{84,34} = 0,083;$$

$$a_2 = \frac{7,2 - 1,58}{84,34} = 0,066;$$

$$a_3 = \frac{6,4 - 1,58}{83,34} = 0,057.$$

2) Определяем средний коэффициент сжимаемости:

$$a_{\text{ср}} = \frac{1 + \varepsilon_{0\text{ср}}}{H} \cdot \left( \frac{a_1 \cdot H_1}{1 + \varepsilon_{01}} + \frac{a_2 \cdot H_2}{1 + \varepsilon_{02}} + \frac{a_3 \cdot H_3}{1 + \varepsilon_{03}} \right); \quad (5.2.2)$$

$$a_{\text{ср}} = \frac{1 + 8,14}{5,4} \cdot \left( \frac{0,083 \cdot 1,6}{1 + 8,6} + \frac{0,066 \cdot 1,2}{1 + 7,2} + \frac{0,057 \cdot 2,6}{1 + 6,4} \right) = 0,071;$$

$$\varepsilon_{0\text{ср}} = \frac{H_1 + H_2 + H_3}{\frac{H_1}{1 + \varepsilon_{01}} + \frac{H_2}{1 + \varepsilon_{02}} + \frac{H_3}{1 + \varepsilon_{03}}}; \quad (5.2.3)$$



$$\varepsilon_{\text{ср}} = \frac{1,6 + 1,2 + 2,6}{\frac{1,6}{1 + 8,6} + \frac{1,2}{1 + 7,2} + \frac{2,6}{1 + 6,4}} = 8,14.$$

3) Вычисляем средний коэффициент вертикальной фильтрации для всех слоев торфа по формуле:

$$K_{\text{в ср}} = \frac{H_1 + H_2 + H_3}{\frac{H_1}{K_{\phi 1}} + \frac{H_2}{K_{\phi 2}} + \frac{H_3}{K_{\phi 3}}}; \quad (5.2.4)$$

$$K_{\text{в ср}} = \frac{1,6 + 1,2 + 2,6}{\frac{1,6}{0,022} + \frac{1,2}{0,024} + \frac{2,6}{0,024}} 0,023;$$

где  $H_i$  – мощность торфа каждого слоя, см;  $K_{\phi}$  – коэффициент вертикальной фильтрации каждого слоя торфа.

4) Определяют коэффициент вертикальной консолидации

$$C_{\text{в}} = \frac{K_{\text{в ср}} \cdot (1 + \varepsilon_{0\text{ср}}) \cdot 8,64}{a_{\text{ср}} \cdot \gamma_{\text{в}}}; \quad (5.2.5)$$

$$C_{\text{в}} = \frac{0,023(1 + 8,14) \cdot 8,64}{0,074 \cdot 1000} = 0,025 \text{ м}^2/\text{сут},$$

где  $K_{\text{в ср}}$  – средний коэффициент вертикальной фильтрации;  $\varepsilon_{0\text{ср}}$  – средний коэффициент первоначальной (естественной) пористости;  $\gamma_{\text{в}}$  – объемный вес воды, равна  $1,0 \text{ кг/см}^3$ ;  $a_{\text{ср}}$  – средний коэффициент сжимаемости.

5) Время, необходимое для достижения 90-процентной консолидации:

$$t_{90} = 0,85 \cdot \frac{H^2}{C_{\text{в}}}; \quad (5.2.6)$$

$$t_{90} = 0,85 \cdot \frac{5,4^2}{0,025} = 992 \text{ сут.}$$

Вывод: 90-процентная консолидация произойдет через 992 дня (33,1 мес), т.к. требуемый срок консолидации равен 3 месяца (90 дней), необходимо для завершения консолидации в срок. Необходимо предусмотреть ускорение осадки на болоте. В практике дорожного строительства наибольшее применение нашли следующие конструкции земляного полотна:

- 1) Свайная эстакада;
- 2) Выторфовывание механическим или взрывным способом;
- 3) Частичное выторфовывание исходя из соотношения толщины насыпного слоя к толщине оставшегося слоя 2:1;
- 4) Земляное полотно с дренажными прорезями;
- 5) Земляное полотно с вертикальными дренами;
- 6) Насыпь с временной дополнительной пригрузкой;
- 7) «Плавающая насыпь».

Вывод: для II категории автомобильных дорог при глубине болота более 4 м глубиной подходит конструкция земляного полотна с вертикальными дренами.

### **5.3 Определение осадки насыпи дороги с применением вертикальных дрена**

Определение осадки насыпи и времени консолидации на торфяном основании с вертикальными дренами производится в следующем порядке:

1. Ориентировочно назначают основные параметры земляного полотна: высоту насыпи, толщину дренирующего слоя, диаметр дрена, расстояние между дренами, порядок размещения дрена в плане;

2. Задают расчетный срок стабилизации осадки насыпи исходя из общего графика строительства;
3. Уточняют расчетом расстояние между дренами;
4. Определяют величину осадки насыпи;
5. Определяют площадь сечения просевшей части и ее объем;
6. Подбирают материал для заполнения дрен.

Высота насыпи 2,4м; диаметр дрен 0,5м; расстояние между дренами 3,0м.

Отношение расстояния между дренами к их диаметру:

$$n_d = \frac{l}{d}; \quad (5.3.1)$$

$$n_d = \frac{3,0}{0,5} = 6$$

Фактор времени:

$$T_{вр} = \frac{C_{ср} \cdot t}{l^2}; \quad (5.3.2)$$

$$T_{вр} = \frac{0,025 \cdot 90}{3,0^2} = 0,25$$

При заданном значении  $T_{вр}$  для  $n_d = 6$  величина консолидации  $U_{г}=82\%$ .

Определяем степень консолидации, которая будет достигнута, за время  $t=90$  дней только при вертикальной фильтрации.

$$T_{вр} = \frac{0,025 \cdot 90}{5,4^2} = 0,42.$$

Это соответствует степени консолидации  $U_v=70\%$ .

Общая степень консолидации:

$$U_{\text{общ}}=100-0,01 \cdot (100-U_v) \cdot (100-U_\Gamma)=100-0,01 \cdot (100-70)(100-82)=94,6\%.$$

Следовательно, при расстоянии между дренами  $L=3,0\text{м}$  за заданный срок (90 дней) будет достигнута требуемая консолидация основания 90%.

Определяем величину осадки насыпи:

$$S = H \left( \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_p}{\varepsilon_0 + 1} - \frac{d^2}{l^2} \right); \quad (5.3.3)$$

$$S_1 = 1,6 \left( \frac{8,6 - 1,58}{8,6 + 1} - \frac{0,5^2}{3,0^2} \right) = 1,12 \text{ м};$$

$$S_2 = 1,2 \left( \frac{7,2 - 1,58}{7,2 + 1} - \frac{0,5^2}{3,0^2} \right) = 0,79 \text{ м};$$

$$S_3 = 2,6 \left( \frac{6,4 - 1,58}{4,6 + 1} - \frac{0,5^2}{3,0^2} \right) = 1,62 \text{ м};$$

Суммарная осадка торфяной залежи в осевом сечении земляного полотна:

$$S=1,12+0,79+1,62=3,53 \text{ м}$$

Площадь поперечного сечения просевшей части насыпи с круглыми дренами:

$$F_{\text{осн}} = 0,85 \cdot B \cdot S; \quad (5.3.4)$$

$$F_{\text{осн}} 0,85 \cdot 16,2 \cdot 3,53 = 48,6 \text{ м}^2;$$

$$B = B + 2mH; \quad (5.3.5)$$

$$B = 12 + 2 \cdot 1,5 \cdot 1,4 = 16,2 \text{ м};$$

$$V = F_{\text{осн}} \cdot L; \quad (5.3.6)$$

$$V = 48,6 \cdot 100 = 4860 \text{ м}^3.$$

Подбираем материал для заполнения дрен. Для заполнения дрен требуется материал с водопроницаемостью:

$$K_{\text{тр}} = 0,1 \cdot S \cdot \frac{l^2}{d^2}; \quad (5.3.7)$$

$$K_{\text{тр}} = 0,1 \cdot 3,53 \cdot \frac{3,0^2}{0,5^2} = 12,68 \text{ м/сут.}$$

Из условия предупреждения заиливания независимо от результата расчета рекомендуется допускать применение в дренах песков с  $K_{\text{тр}} < 3 \text{ м/сут.}$

Вывод: участок дороги на болоте проектируется с устройством вертикальных дрен диаметров 0,5 м и расстоянием между ними 3,0 м. Технология строительства земляного полотна на болоте с устройством вертикальных дрен представлена в графической части.

## **6 Соображения по организации реконструкции**

Принимаем все основные показатели по организации реконструкции в соответствии с типовыми технологическими картами на устройство подготовительных работ, земляного полотна, дорожной одежды и работ по обу-

ройству дороги [17]. Все виды работ выполняются специальными машинно – дорожными отрядами. Для каждого вида работ в операционных технических картах принята соответствующая ведущая машина:

МДО №1 – подготовительные работы;

МДО №2 – удлинение водопропускных труб, ведущая машина – подъемный кран;

МДО №3 – возведение земляного полотна, ведущая машина – экскаватор;

МДО №4 – устройство песчаного слоя основания дорожной одежды, ведущая машина – распределитель;

МДО №5 – устройство щебеночного слоя основания дорожной одежды, ведущая машина – распределитель;

МДО №6 – устройство двухслойного покрытия дорожной одежды из асфальтобетонной смеси, ведущая машина – асфальтоукладчик;

МДО №7 – обустройство дороги.

Срок реконструкции принят в 1 год. При обосновании срока строительства учитываем климатические показатели района строительства.

Данные рекомендации приведены в графической части на листе №8.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной выпускной квалификационной работе был рассмотрен проект реконструкции участка автомобильной дороги "Абакан-Кызыл". Был проведен анализ существующей дороги. По итогам анализа была установлена непригодность существующей конструкции к дальнейшей эксплуатации.

В настоящей работе были улучшены транспортно-эксплуатационных показателей путём реконструкции участка автомобильной дороги. В частности, повышены геометрические элементы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 СП 34.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\* Автомобильные дороги: Минрегион России М.: Москва 2012. – 52с.
- 2 СП 131.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* Строительная климатология: Минрегион России М.: Москва 2012.108с.
- 3 ГОСТ Р 52399-2005. Геометрические элементы автомобильных дорог. – Москва: Стандартинформ, 2006. – 8 с.
- 4 Жуков В. И. Комплексная оценка безопасности движения и экологической обстановки при проектировании дорог: учебное пособие/КрасГАСА. – Красноярск, 2002. – 56 с.
- 5 Проектирование автомобильных дорог: справочник инженера – дорожника/ под ред. Г. А. Федотова – Москва: Транспорт, 1989. – 437 с.
- 6 ОДН 218.046-01 Отраслевые дорожные нормы проектирования нежестких дорожных одежд. – ФГУП «СОЮЗДОРНИИ», МАДИ (ТУ), ГП «РОСДОРНИИ», 2001.01-01. – 93 с.
- 7 ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – Введ. с 01.01.2011– М.: Изд-во стандартов, 2010.
- 8 ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия. – Введ. с 01.04.2015 – Москва: Стандартинформ, 2014.
- 9 ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. – Введ. с 01.01.95 – Москва: Стандартинформ, 2009.
- 10 О нормах отвода земель для размещения автомобильных дорог и (или) объектов дорожного сервиса [Электронный ресурс]: постановление правительства РФ от 2 сентября 2009г. № 717. Доступ из справ.- правовой сист. «КонсультантПлюс».
- 11 ГОСТ Р 50970-2011 Технические средства организации дорожного движения. Столбики сигнальные дорожные. Общие технические требования. Правила применения. – Введ. с 31.08.2011 –Москва: Стандартинформ, 2011. – 16 с.
- 12 ГОСТ Р 52289-2004 Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. – Введ. с 15.12.2004 – Москва: Стандартинформ, 2005.
- 13 ГОСТ 52607-2006 Технические средства организации дорожного движения. Ограждения дорожные удерживающие боковые для автомобилей. Общие технические требования. – Введ. с 01.01.2008. – Москва: Стандартинформ, 2007. – 12 с.
- 14 ГОСТ 51256 – 2011 Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования. – Введ. с 01.09.2012. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 28 с.
- 15 ГОСТ Р 52748-2007 Нормативные нагрузки, расчетные схемы и габариты приближения. – Введ. 24.09.2007. – Москва: Стандартинформ, 2008.



16 Жуков В.И. Проектирование автомобильных дорог в сложных условиях: Конспект лекций – Красноярск: ИАС, 2007. – 95 с.

17 Типовые технологические карты на устройство земляного полотна и дорожной одежды: распоряжение Минтранса России от 23.05.2003 г. № ОС-468-р/ РОСАВТОДОР – Москва, 2004.

18 ГОСТ Р 52398-2005. Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования. – Введ. 01.05.2006. –Москва: Стандартинформ, 2006. – 3 с.

19 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности. СТО 4.2-07-2014/ Сиб. Федер. ун-т. – Красноярск, 2014. – 59 с.

20 Жуков В.И., Гавриленко Т.В. Проектирование автомобильных дорог. Основы : учебное пособие. – Красноярск: Сиб. Федер. Ун-тб 2014-144с.

21 ГОСТ Р 52766-2007 Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования - Москва: Стандартинформ, 2008.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Расчет дорожных одежд

Проектные данные:

- категория дороги – II;
- заданная надежность  $K_n = 0,95$ ;
- расчетный срок службы  $T_{сл}$ , лет – 20;
- ширина проезжей части, м – 7,5;
- давление в шине  $p$ , МПа – 0,60;
- диаметр отпечатка шины  $D$  (динамическая нагрузка), см – 39,00;
- статическая нагрузка на ось  $Q$ , кН – 100,00
- суммарное число приложений нагрузки – 1516820.

Вариант № 1.

Конструктивный слой № 1: 7,0 см. Асфальтобетон горячей укладки высокоплотный марка битума БНД/БН-60/90.

Конструктивный слой № 2: 8,0 см. Асфальтобетон горячей укладки высокопористый II марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-40/60.

Конструктивный слой № 3: 10,0 см. Щебень чёрный для оснований уложенный по способу заклинки.

Конструктивный слой № 4: 26,0 см. Щебень фракционированный 40..80 (80..120) мм легкоуплотняемый

Конструктивный слой № 5: 30,0 см. Песок мелкий, с содержанием пылевато-глинистой фракции 0%.

Грунт земляного полотна – суглинок легкий пылеватый.

Результаты расчета на упругий прогиб:

- поверхностный модуль упругости  $E_{пов.} = 400,6$  МПа;
- требуемый модуль упругости  $E_{тр.} = 289,13$  МПа;
- расчетный коэффициент прочности  $K_{расч.} = 2,700$ ;
- требуемый коэффициент прочности  $K_{тр.} = 2,100$ ;
- запас прочности 29 %.

Результаты расчета на сдвигоустойчивость:

а) параметры материала:

- грунт – суглинок легкий пылеватый;
- угол внутреннего трения  $\varphi = 26,0^\circ$ ;
- сцепление  $c_n = 0,002$  МПа;
- статический угол внутреннего трения  $\varphi_{ст.} = 31,0^\circ$ ;
- коэффициент  $K_\phi = 2,0$ .

б) параметры модели:

- средневзвешенный модуль упругости верхних слоев  $E_{с.} = 794,90$  МПа;
- модуль упругости на поверхности расчетного слоя  $E_n = 62,05$  МПа;

- средневзвешенный удельный вес верхних слоев  $\gamma = 0,0021$  МПа;
- глубина расположения расчетного слоя  $Z_{он.} = 51$  см;
- удельное активное напряжение сдвига  $\tau = 0,01676$  МПа;
- расчетное активное напряжение сдвига  $T = 0,010$  МПа;
- предельное активное напряжение сдвига  $T_{пр.} = 0,010$  МПа;
- расчетный коэффициент прочности  $K_{расч.} = 1,030$ ;
- требуемый коэффициент прочности  $K_{тр.} = 1,000$ ;
- запас прочности 3 %.

Результаты расчета на сопротивление при изгибе:

а) параметры материала:

- Асфальтобетон горячей укладки высокопористый II марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-40/60;
- нормативное сопротивление  $R_0 = 5,50$  МПа;
- усталостный показатель степени  $m = 4,3$ ;
- коэффициент различия  $\alpha = 7,1$ ;
- коэффициент снижения прочности  $k_2 = 0,8$ .

б) параметры модели:

- средневзвешенный модуль упругости монолитных слоев  $E_{с.} = 4400,00$  МПа;
- поверхностный модуль упругости нижнего слоя в пакете монолитных слоев  $E_{общ.} = 219,30$  МПа;
- глубина расположения расчетного слоя  $Z_{он.} = 15$  см;
- коэффициент  $K_{с.} = 1,0$ ;
- коэффициент усталостного разрушения  $k_1 = 0,47$ ;
- наибольшее растягивающее напряжение  $\sigma_r = 1,290$  МПа;
- прочность материала при изгибе  $R_n = 1,730$  МПа;
- расчетный коэффициент прочности  $K_{расч.} = 1,340$ ;
- требуемый коэффициент прочности  $K_{тр.} = 1,000$ ;
- запас прочности 34 %.

Результаты расчета на морозоустойчивость:

- глубина грунтовых вод  $H_y = 1,19$  м;
- коэффициент учета уровня грунтовых вод  $K_{угв.} = 0,74$ ;
- Пучинистость грунта - Группа 5 (чрезмернопучинистый);
- коэффициент учета нагрузки от вышележащих слоев  $K_{нагр.} = 1,33$ ;
- коэффициент, зависящий от расчетной влажности грунта  $K_{вл.} = 1,16$ ;
- коэффициент, зависящий от уплотнения слоя  $K_{пл.} = 0,80$ ;
- коэффициент учета гранулометрии основания  $K_{гр.} = 1,30$ ;
- величина морозного пучения при усредненных условиях  $L_{пуч.ср.} = 2,59$  см.
- Ожидаемая пучинистость грунта  $3,06$  см  $< 80\%$  от допустимой  $4,00$  см.

Вывод: конструкция является морозоустойчивой.

Вариант № 2.

Конструктивный слой № 1: 8,0 см. Асфальтобетон горячей укладки высокоплотный марка битума БНД/БН-40/60.

Конструктивный слой № 2: 9,0 см. Асфальтобетон горячей укладки плотный I марки, из щебёночной (гравийной) смеси типа А, марка битума БНД/БН-40/60

Конструктивный слой № 3: 10,0 см. Щебень чёрный для оснований устроенный по способу пропитки вязким битумом и битумной эмульсией.

Конструктивный слой № 4: 26,0 Смеси щебёночные с непрерывной гранулометрией С4 - 80 мм (для оснований).

Конструктивный слой № 5: 30,0 см. Песок крупный с содержанием пылевато-глинистой фракции 0%

Грунт земляного полотна – суглинок тяжёлый.

Результаты расчета на упругий прогиб:

- поверхностный модуль упругости  $E_{\text{пов.}} = 386,8$  МПа;
- требуемый модуль упругости  $E_{\text{тр.}} = 289,13$  МПа;
- расчетный коэффициент прочности  $K_{\text{расч.}} = 2,610$ ;
- требуемый коэффициент прочности  $K_{\text{тр.}} = 2,100$ ;
- запас прочности 24 %.

Результаты расчета на сдвигоустойчивость:

а) параметры материала:

- грунт – суглинок легкий пылеватый;
- угол внутреннего трения  $\varphi = 31,0^\circ$ ;
- сцепление  $c_n = 0,003$  МПа;
- статический угол внутреннего трения  $\varphi_{\text{ст.}} = 35,0^\circ$ ;
- коэффициент  $K_\phi = 2,0$ .

б) параметры модели:

- средневзвешенный модуль упругости верхних слоев  $E_g = 707,55$  МПа;

- модуль упругости на поверхности расчетного слоя  $E_n = 69,74$  МПа;
- средневзвешенный удельный вес верхних слоев  $\gamma = 0,0019$  МПа;
- глубина расположения расчетного слоя  $Z_{\text{он.}} = 53$  см;
- удельное активное напряжение сдвига  $\tau = 0,01492$  МПа;
- расчетное активное напряжение сдвига  $T = 0,009$  МПа;
- предельное активное напряжение сдвига  $T_{\text{пр.}} = 0,013$  МПа;
- расчетный коэффициент прочности  $K_{\text{расч.}} = 1,450$ ;
- требуемый коэффициент прочности  $K_{\text{тр.}} = 1,000$ ;
- запас прочности 45 %.

Результаты расчета на сопротивление при изгибе:

а) параметры материала:

- Асфальтобетон горячей укладки плотный I марки, из щебёночной (гравийной) смеси типа А, марка битума БНД/БН-40/60;
- нормативное сопротивление  $R_0 = 10,00$  МПа;
- усталостный показатель степени  $m = 6,0$ ;
- коэффициент различия  $\alpha = 5,6$ ;

- коэффициент снижения прочности  $k_2 = 1,0$ .

б) параметры модели:

- средневзвешенный модуль упругости монолитных слоев  $E_{\text{ср.}} = 7223,53 \text{ МПа}$ ;

- поверхностный модуль упругости нижнего слоя в пакете монолитных слоев  $E_{\text{поверх.}} = 162,04 \text{ МПа}$ ;

- глубина расположения расчетного слоя  $Z_{\text{он.}} = 17,0 \text{ см}$ ;

- коэффициент  $K_{\text{ср.}} = 1,0$ ;

- коэффициент усталостного разрушения  $k_1 = 0,81$ ;

- наибольшее растягивающее напряжения  $\sigma_r = 1,548 \text{ МПа}$ ;

- прочность материала при изгибе  $R_n = 6,341 \text{ МПа}$ ;

- расчетный коэффициент прочности  $K_{\text{расч.}} = 4,097$ ;

- требуемый коэффициент прочности  $K_{\text{тр.}} = 1,000$ ;

- запас прочности 310 %.

Результаты расчета на морозоустойчивость:

- глубина грунтовых вод  $H_y = 1,17 \text{ м}$ ;

- коэффициент учета уровня грунтовых вод  $K_{\text{угв.}} = 0,74$ ;

- Пучинистость грунта - Группа 5 (чрезмернопучинистый);

- коэффициент учета нагрузки от вышележащих слоев  $K_{\text{нагр.}} = 1,33$ ;

- коэффициент, зависящий от расчетной влажности грунта  $K_{\text{вл.}} = 1,16$ ;

- коэффициент, зависящий от уплотнения слоя  $K_{\text{пл.}} = 0,80$ ;

- коэффициент учета гранулометрии основания  $K_{\text{гр.}} = 1,30$ ;

- Величина морозного пучения при усреднённых условиях

$L_{\text{пуч.ср.}} = 2,41 \text{ см}$ .

- Ожидаемая пучинистость грунта  $2,87 \text{ см} < 80 \%$  от допустимой  $4,00 \text{ см}$ .

Вывод: конструкция является морозоустойчивой.



## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Локальная смета № 1

на устройство дорожной одежды участка автомобильной дороги II категории протяжённостью 5 км

Сметная стоимость, тыс.руб. 19379,4

9

Нормативная трудоемкость, тыс.чел.-ч 26,19

Сметная ЗП, тыс.руб. 487,11

Составлена в ценах 2001 г.

(руб.)

№ п/ п	Обос- нова- ние	Наименование	Ед. изм .	Коли- чество	Стоимость единицы, руб.				Общая стоимость, руб.				Трудо- ём- кость строи- телей, ед, чел.-ч	Трудо- ем- кость строи- телей, всего, ед.чел. -ч	Трудо- ем- кость маши- ни- стов, ед, чел.-ч	Трудо- емкость машини- стов, всего, чел.-ч
					ПЗ	Зс	ЭММ О	в т.ч. Зм	ПЗ	Зс	ЭММО	в т.ч. Зм				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	ТЕР27 -06- 020-01	Устройство верх- него слоя покры- тия толщиной 4 (7) см из горячих асфальтобетон- ных смесей вы- сокоплотных мелкозернистых типа АБВ, плот- ность каменных материалов 2,5- 2,9 т/м³	100 0 м²	42,5	48622, 38	423, 98	3005, 99	289, 06	2066451, 15	18019,1 5	127754,5 8	12285,0 5	38,30	1627,7 5	19,66	835,38

2	ТЕР27-06-021-01	На каждые 0,5 см изменения толщины слоя добавлять или исключать к расценке 27-06-020-01	100 0 м <sup>2</sup>	255	5251,9 9	1,00	5,74		1339257,45	255,00	1463,70		0,09	22,95		
3	ТЕР27-06-020-10	Устройство нижнего слоя покрытия толщиной 4 (8) см из горячих асфальтобетонных смесей пористых крупнозернистых типа АБВ, плотность каменных материалов 2,5-2,9 т/м <sup>3</sup>	100 0 м <sup>2</sup>	42,5	43399,14	423,98	3023,87	289,22	1844463,45	18019,15	128514,48	12291,85	38,30	1627,75	19,67	835,85
4	ТЕР27-06-021-10	На каждые 0,5 см изменения толщины слоя добавлять или исключать к расценке 27-06-020-10	100 0 м <sup>2</sup>	340	4942,91	1,00			1680589,40	340,00			0,09	30,60		
5	ТЕР27-06-018-03	Устройство основания из черного щебня толщиной 6 (10) см с плотностью каменных материалов 2,5-2,9 т/м <sup>3</sup>	100 0 м <sup>2</sup>	70,8333	43095,94	483,96	2982,95	252,60	3052629,08	34280,50	211292,29	17892,50	45,83	3246,29	17,18	1216,69
6	ТЕР27-04-007-02	Устройство оснований толщиной 15 (26) см из щебня фракции 40-70 мм при укатке каменных материалов с пределом прочности на сжатие до 68,6 МПа (700	100 0 м <sup>2</sup>	75	34564,46	343,96	5167,42	543,07	2592334,50	25797,00	387556,50	40730,25	36,63	2747,25	36,93	2769,66



		кгс/см2) верх- него слоя двух- слойных														
7	ТЕР27 -04- 007-04	На каждый 1 см изменения тол- щины слоя до- бавлять или ис- ключать к рас- ценке 27-04-007- 02	100 0 м <sup>2</sup>	825	1938,6 4		297,8 7	33,1 6	1599378, 00		245742,7 5	27357,0 0			2,25	1860,28
6	ТЕР27 -04- 001-01	Устройство под- стилающих и вы- равнивающих слоев оснований из песка толщи- ной 30 см	100 м <sup>3</sup>	225	3235,3 5	144, 94	2712, 31	195, 6	727953,7 5	32611,5 0	610269,7 5	44003,2 5	15,72	3537,0 0	13,30	2992,22
7	ТСЦ- 408- 0124	Песок природ- ный для строи- тельных работ мелкий с крупно- стью зерен раз- мером свыше 5 мм - до 5% по массе	м <sup>3</sup>	24750	130,49				3229627, 50							
		Итого							18132684 ,28	129322, 30	1712594, 04	154559, 90		12839, 59		10510,07
		Поправка к зара- ботной плате							170329,3 2	77593,3 8		92735,9 4				
		Итого ПЗ+по- правка							18303013 ,60	206915, 68	1805329, 98	247295, 84				
	МДС8 1-33- 2004 прил.4 п.21	Накладные рас- ходы, 142 %							644980,3 6							
		Сметная ЗП ра- бочих, выполня- ющих работы, учитывающиеся НР								32894,0 0						

		Нормативная трудоемкость ра- бочих, учитыва- ющая НР														2837,91
		Себестоимость СМР							18947993 ,96							
	МДС8 1-25- 2001 прил.3 п.21	Сметная при- быль, 95 %							431500,9 4							
		Сметная стои- мость							19379494 ,91							
		Нормативная трудоемкость по смете														26187,58
		ЗП по смете всего								487105, 52						

Окончание приложения Б

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Локальная смета № 2

на устройство дорожной одежды участка автомобильной дороги II категории протяжённостью 5 км

Сметная стоимость, тыс.руб. 22370,6

1  
Нормативная трудоемкость, тыс.чел.-ч 26,20

Сметная ЗП, тыс.руб. 487,40

Составлена в ценах 2001 г.  
(руб.)

№ п/ п	Обос- нова- ние	Наименование	Ед. изм .	Коли- чество	Стоимость единицы, руб.				Общая стоимость, руб.				Трудо- ём- кость строи- телей, ед, чел.-ч	Трудо- ем- кость строи- телей, всего, ед.чел. -ч	Трудо- ем- кость маши- ни- стов, ед, чел.-ч	Трудо- емкость машини- стов, всего, чел.-ч
					ПЗ	Зс	ЭММ О	в т.ч. Зм	ПЗ	Зс	ЭММО	в т.ч. Зм				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	ТЕР27-06-020-01	Устройство верхнего слоя покрытия толщиной 4 (8) см из горячих асфальтобетонных смесей высокоплотных мелкозернистых типа АБВ, плотность каменных материалов 2,5-2,9 т/м³	100 0 м²	42,5	48622,38	423,98	3005,99	289,06	2066451,15	18019,15	127754,58	12285,05	38,30	1627,75	19,66	835,38
2	ТЕР27-06-021-01	На каждые 0,5 см изменения толщины слоя добавлять или ис-	100 0 м²	340	5251,99	1,00	5,74		1785676,60	340,00	1951,60		0,09	30,60		

		ключать к расценке 27-06-020-01														
3	ТЕР27-06-020-10	Устройство нижнего слоя покрытия толщиной 4 (9) см из горячих асфальтобетонных смесей пористых крупнозернистых типа АБВ, плотность каменных материалов 2,5-2,9 т/м³	1000 м²	42,5	43399,14	423,98	3023,87	289,22	1844463,45	18019,15	128514,48	12291,85	38,30	1627,75	19,67	835,85
4	ТЕР27-06-021-10	На каждые 0,5 см изменения толщины слоя добавлять или исключать к расценке 27-06-020-10	1000 м²	425	4942,91	1,00			2100736,75	425,00			0,09	38,25		
5	ТЕР27-06-018-03	Устройство основания из черного щебня толщиной 6 (10) см с плотностью каменных материалов 2,5-2,9 т/м³	1000 м²	70,8333	43095,94	483,96	2982,95	252,60	3052629,08	34280,50	211292,29	17892,50	45,83	3246,29	17,18	1216,69
6	ТЕР27-04-007-02	Устройство оснований толщиной 15 (26) см из щебня фракции 40-70 мм при укатке каменных материалов с пределом прочности на сжатие до 68,6 МПа (700 кгс/см²) верхнего слоя двухслойных	1000 м²	75	34564,46	343,96	5167,42	543,07	2592334,50	25797,00	387556,50	40730,25	36,63	2747,25	36,93	2769,66

7	ТЕР27-04-007-04	На каждый 1 см изменения толщины слоя добавлять или исключать к расценке 27-04-007-02	100 м <sup>2</sup>	825	1938,64		297,87	33,16	1599378,00		245742,75	27357,00			2,25	1860,28
6	ТЕР27-04-001-01	Устройство подстилающих и выравнивающих слоев оснований из песка толщиной 30 см	100 м <sup>3</sup>	225	3235,35	144,94	2712,31	195,6	727953,75	32611,50	610269,75	44003,25	15,72	3537,00	13,30	2992,22
7	ТСЦ-408-0121	Песок природный для строительных работ крупный	м <sup>3</sup>	24750	216,3				5353425,00							
		Итого							21123048,28	129492,30	1713081,94	154559,90		12854,89		10510,07
		Поправка к заработной плате							170431,32	77695,38		92735,94				
		Итого ПЗ+поправка							21293479,60	207187,68	1805817,88	247295,84				
	МДС81-33-2004 прил.4 п.21	Накладные расходы, 142 %							645366,60							
		Сметная ЗП рабочих, выполняющих работы, учитывающиеся НР								32913,70						
		Нормативная трудоёмкость рабочих, учитываемая НР														2839,61
		Себестоимость СМР							21938846,20							

	МДС8 1-25- 2001 прил.3 п.21	Сметная при- быль, 95 %							431759,3 4							
		Сметная стои- мость							22370605 ,55							
		Нормативная трудоемкость по смете														26204,58
		ЗП по смете всего								487397, 22						

Окончание приложения В

# ПРИЛОЖЕНИЕ Г

## Объемы земляных работ

Таблица Г.1 – Расчет объемов земляных работ

Вводимые данные					Параметры кювета		Площадь поперечного сечения, м <sup>2</sup>		Площадь среднего сечения, м <sup>2</sup>	Профильные объемы, м <sup>3</sup>		Поправки, м <sup>3</sup>		Объемы работ, м <sup>3</sup>	
ПК	L, м	h, м	t	Ширина закуветной полки выемки или бермы насыпи, м	ширина по-верху, м	площадь, м <sup>2</sup>	насып и	выемк и		насып ь	выемк а	на сня-тие расти-тельного слоя	на устрой-ство дорож-ной одежд ы	насып ь с уче-том к-та уплот-нения	выемк а
0+00	0	1,58	4	4	0,00	0,00	33,69	0,00	0	0	0	0	0	0	0
1+00	100	2,75	4	0	0,00	0,00	71,50	0,00	52,59	5168	0	571	-648	5195	0
2+00	100	3,44	1,5	0	0,00	0,00	69,35	0,00	70,43	7031	0	307	-648	6826	0
3+00	100	3,71	1,5	0	0,00	0,00	76,30	0,00	72,82	7281	0	350	-648	7125	0
4+00	100	2,12	4	4	0,00	0,00	49,78	0,00	63,04	6135	0	751	-648	6365	0
5+00	100	2,68	4	0	0,00	0,00	68,93	0,00	59,35	5914	0	627	-648	6014	0
6+00	100	3,46	1,5	0	0,00	0,00	69,86	0,00	69,39	6924	0	305	-648	6715	0
7+00	100	5,46	1,5	0	0,00	0,00	126,62	0,00	98,24	9724	0	430	-648	9700	0
8+00	100	5,64	1,5	0	0,00	0,00	132,31	0,00	129,47	12946	0	528	-648	13088	0
9+00	100	5,85	1,5	0	0,00	0,00	139,08	0,00	135,70	13569	0	546	-648	13741	0
10+00	100	3,84	1,5	0	0,00	0,00	79,72	0,00	109,40	10839	0	465	-648	10873	0

11+00	100	2,96	4	0	0,00	0,00	79,45	0,00	79,58	7907	0	867	-648	8291	0
12+00	100	2,83	4	0	0,00	0,00	74,49	0,00	76,97	7695	0	746	-648	7952	0
13+00	100	2,14	4	0	0,00	0,00	50,42	0,00	62,45	6213	0	647	-648	6340	0
14+00	100	2,22	4	0	0,00	0,00	53,01	0,00	51,72	5171	0	574	-648	5201	0
15+00	100	2,35	4	0	0,00	0,00	57,34	0,00	55,18	5517	0	599	-648	5580	0
16+00	100	2,77	4	0	0,00	0,00	72,24	0,00	64,79	6467	0	665	-648	6617	0
17+00	100	2,82	4	0	0,00	0,00	74,11	0,00	73,18	7317	0	722	-648	7542	0
18+00	100	2,77	4	0	0,00	0,00	72,24	0,00	73,18	7317	0	722	-648	7542	0
19+00	100	3,09	1,5	0	0,00	0,00	60,67	0,00	66,46	6643	0	292	-648	6416	0
20+00	100	3,74	1,5	0	0,00	0,00	77,08	0,00	68,88	6877	0	336	-648	6699	0
21+00	100	3,68	1,5	0	0,00	0,00	75,51	0,00	76,30	7630	0	362	-648	7494	0
22+00	100	4,36	1,5	0	0,00	0,00	93,91	0,00	84,71	8460	0	390	-648	8370	0
23+00	100	5,1	1,5	0	0,00	0,00	115,52	0,00	104,7 1	10458	0	454	-648	10473	0
24+00	100	2,63	4	0	0,00	0,00	67,12	0,00	91,32	8725	0	979	-648	9240	0
25+00	100	1,98	4	4	0,00	0,00	45,38	0,00	56,25	5597	0	604	-648	5666	0
26+00	100	1,92	4	4	0,00	0,00	43,55	0,00	44,46	4446	0	519	-648	4405	0
27+00	100	2,63	4	0	0,00	0,00	67,12	0,00	55,33	5500	0	597	-648	5560	0
28+00	100	4,19	1,5	0	0,00	0,00	89,18	0,00	78,15	7754	0	335	-648	7594	0
29+00	100	4,82	1,5	0	0,00	0,00	107,15	0,00	98,17	9807	0	434	-648	9788	0
30+00	100	4,12	1,5	0	0,00	0,00	87,26	0,00	97,21	9708	0	431	-648	9685	0
31+00	100	3,05	1,5	0	0,00	0,00	59,70	0,00	73,48	7320	0	351	-648	7166	0
32+00	100	1,89	4	4	0,00	0,00	42,64	0,00	51,17	5027	0	644	-648	5126	0
33+00	100	3,66	1,5	0	0,00	0,00	74,99	0,00	58,82	5803	0	278	-648	5544	0
34+00	100	5,48	1,5	0	0,00	0,00	127,25	0,00	101,1 2	10029	0	440	-648	10021	0
35+00	100	3,84	1,5	0	0,00	0,00	79,72	0,00	103,4 8	10281	0	448	-648	10287	0
36+00	100	2,35	4	0	0,00	0,00	57,34	0,00	68,53	6705	0	794	-648	6991	0
37+00	100	2,48	4	0	0,00	0,00	61,80	0,00	59,57	5956	0	631	-648	6060	0

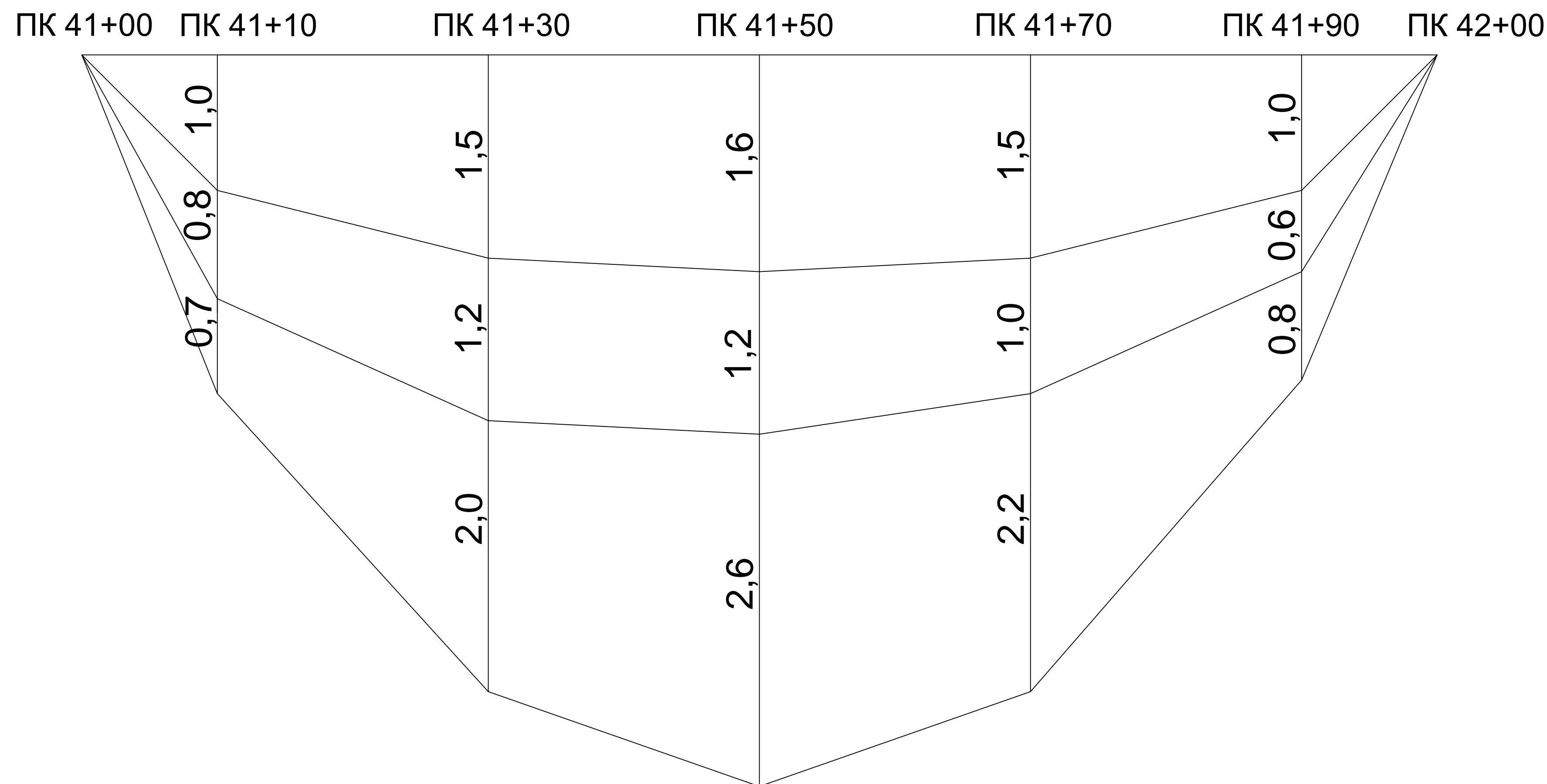


38+00	100	2,84	4	0	0,00	0,00	74,86	0,00	68,33	6825	0	689	-648	7006	0
39+00	100	2,73	4	0	0,00	0,00	70,76	0,00	72,81	7280	0	719	-648	7502	0
40+00	100	2,9	4	0	0,00	0,00	77,14	0,00	73,95	7393	0	727	-648	7624	0
41+00	100	2,67	4	0	0,00	0,00	68,57	0,00	72,85	7282	0	719	-648	7503	0
42+00	100	2,38	4	0	0,00	0,00	58,36	0,00	63,46	6341	0	657	-648	6479	0
43+00	100	2,4	4	0	0,00	0,00	59,04	0,00	58,70	5870	0	625	-648	5966	0
44+00	100	3,07	1,5	0	0,00	0,00	60,19	0,00	59,61	5950	0	275	-648	5691	0
45+00	100	1,7	4	4	0,00	0,00	37,06	0,00	48,62	4737	0	623	-648	4809	0
46+00	100	1,79	4	4	0,00	0,00	39,67	0,00	38,36	3836	0	470	-648	3732	0
47+00	100	1,81	4	4	0,00	0,00	40,25	0,00	39,96	3996	0	483	-648	3909	0
48+00	100	1,93	4	4	0,00	0,00	43,85	0,00	42,05	4204	0	500	-648	4139	0
49+00	100	2,19	4	0	0,00	0,00	52,03	0,00	47,94	4790	0	545	-648	4783	0
50+00	0	1,47	4	4	0,00	0,00	30,69	0,00	41,36	0	0	15	0	15	0
<b>Итог о</b>										<b>35036 4</b>	<b>0</b>	<b>26788</b>		<b>35244 9</b>	<b>0</b>

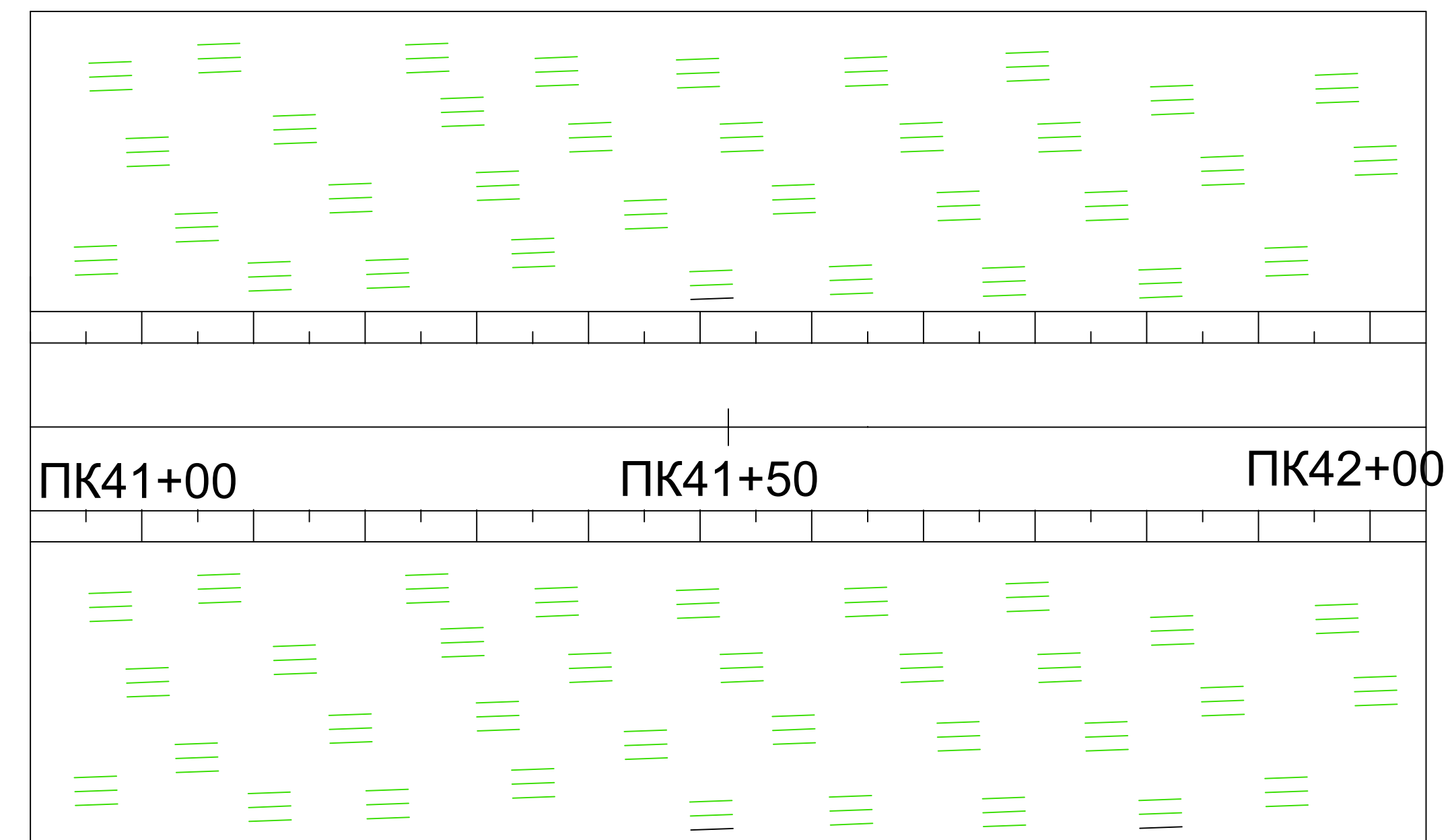
Окончание приложения Г



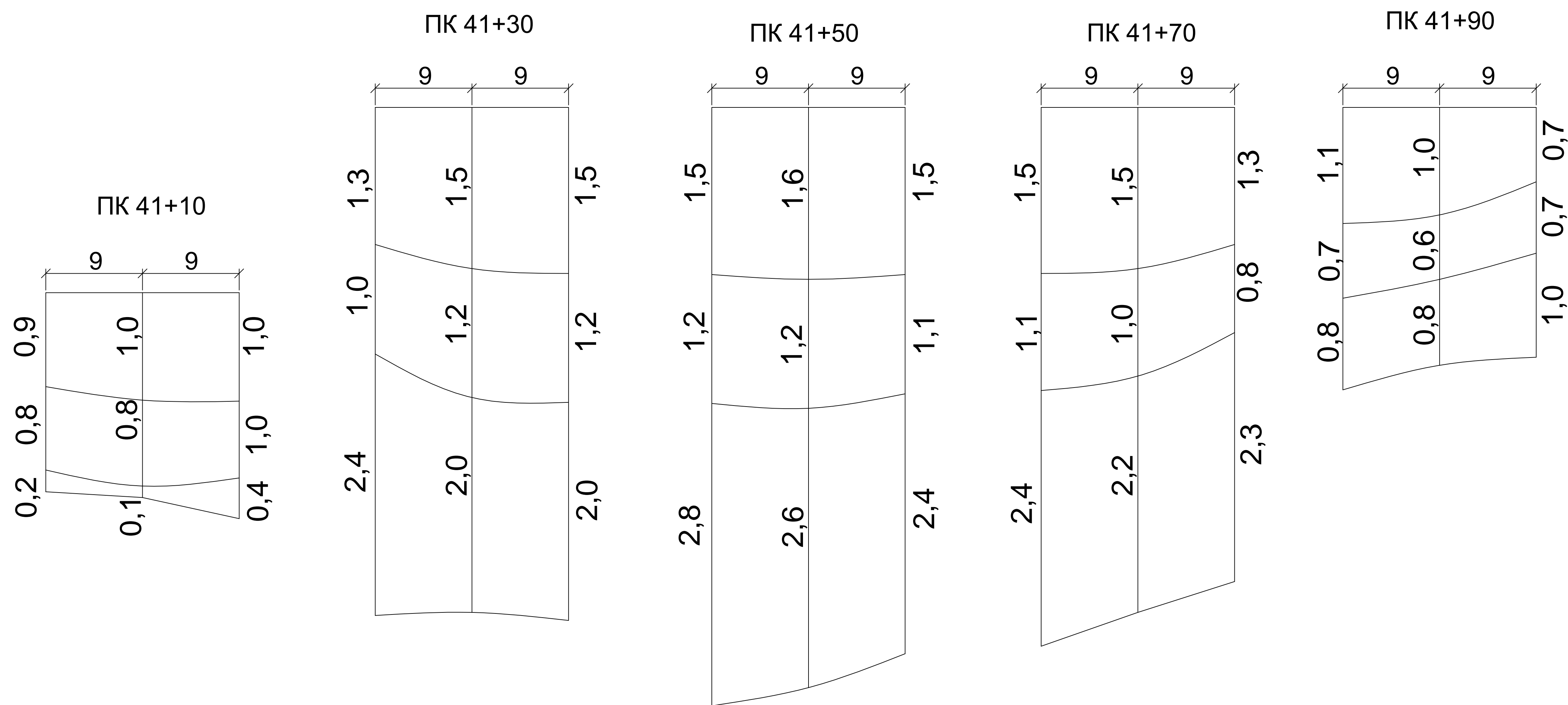
## Продольный разрез болота с ПК 41+00 по ПК 42+00



Участок дороги на болоте  
М 1:500



## Поперечный разрез болота с ПК 41+00 по ПК 42+00



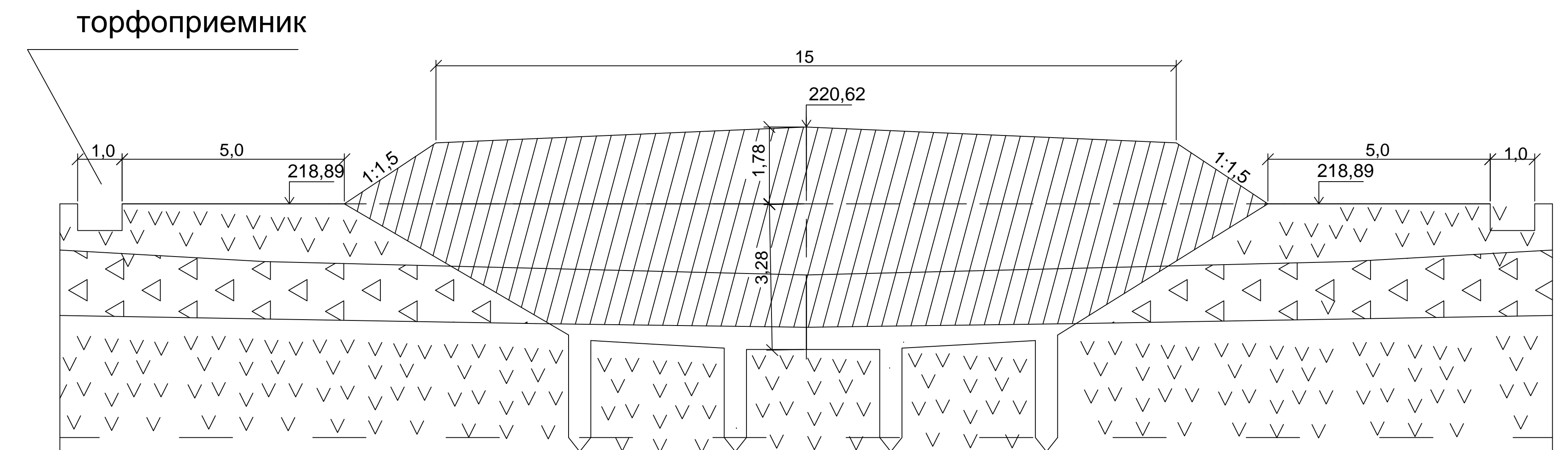
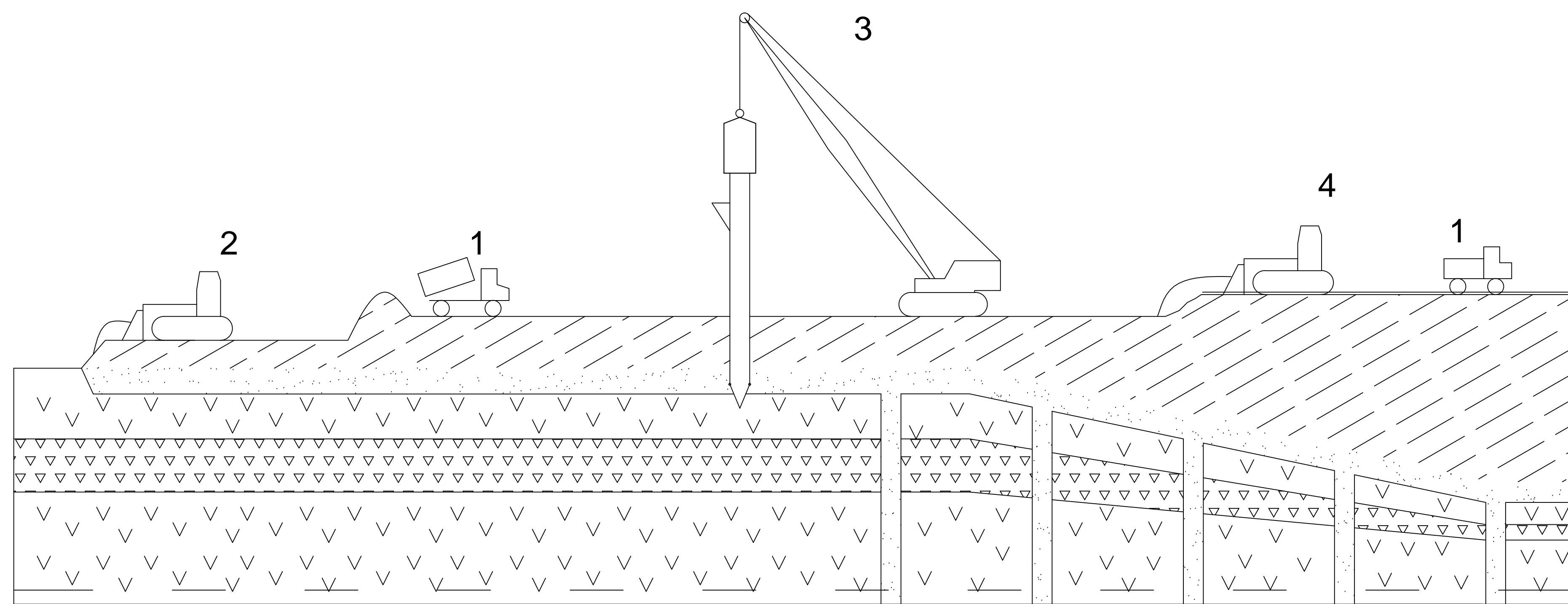
## Таблица исходных данных

Участок трассы		H	P	Z	E1	hP	Ep	Eo	Eo-Ep	(Eo-Ep)/(1+Eo)	делта S	Sсм
пк	+											
41	10	1,0	84,34	1,2	6,9	4,43	1,58	8,60	7,02	0,73	0,73	1,734
		0,8	84,34	1,2	6,9	4,43	1,58	7,20	5,62	0,68	0,55	
		0,7	84,34	1,2	6,9	4,43	1,58	6,40	4,82	0,65	0,46	
41	30	1,5	84,34	1,2	6,9	4,43	1,58	8,60	7,02	0,73	1,10	3,220
		1,2	84,34	1,2	6,9	4,43	1,58	7,20	5,62	0,68	0,82	
		2,0	84,34	1,2	6,9	4,43	1,58	6,40	4,82	0,65	1,30	
41	50	1,6	84,34	1,2	6,9	4,43	1,58	8,60	7,02	0,73	1,17	3,683
		1,2	84,34	1,2	6,9	4,43	1,58	7,20	5,62	0,68	0,82	
		2,6	84,34	1,2	6,9	4,43	1,58	6,40	4,82	0,65	1,69	
41	70	1,5	84,34	1,2	6,9	4,43	1,58	8,60	7,02	0,73	1,10	3,213
		1,0	84,34	1,2	6,9	4,43	1,58	7,20	5,62	0,68	0,68	
		2,2	84,34	1,2	6,9	4,43	1,58	6,40	4,82	0,65	1,43	
41	90	1,0	84,34	1,2	6,9	4,43	1,58	8,60	7,02	0,73	0,73	1,272
		0,6	84,34	1,2	6,9	4,43	1,58	7,20	5,62	0,68	0,41	
		0,2	84,34	1,2	6,9	4,43	1,58	6,40	4,82	0,65	0,13	

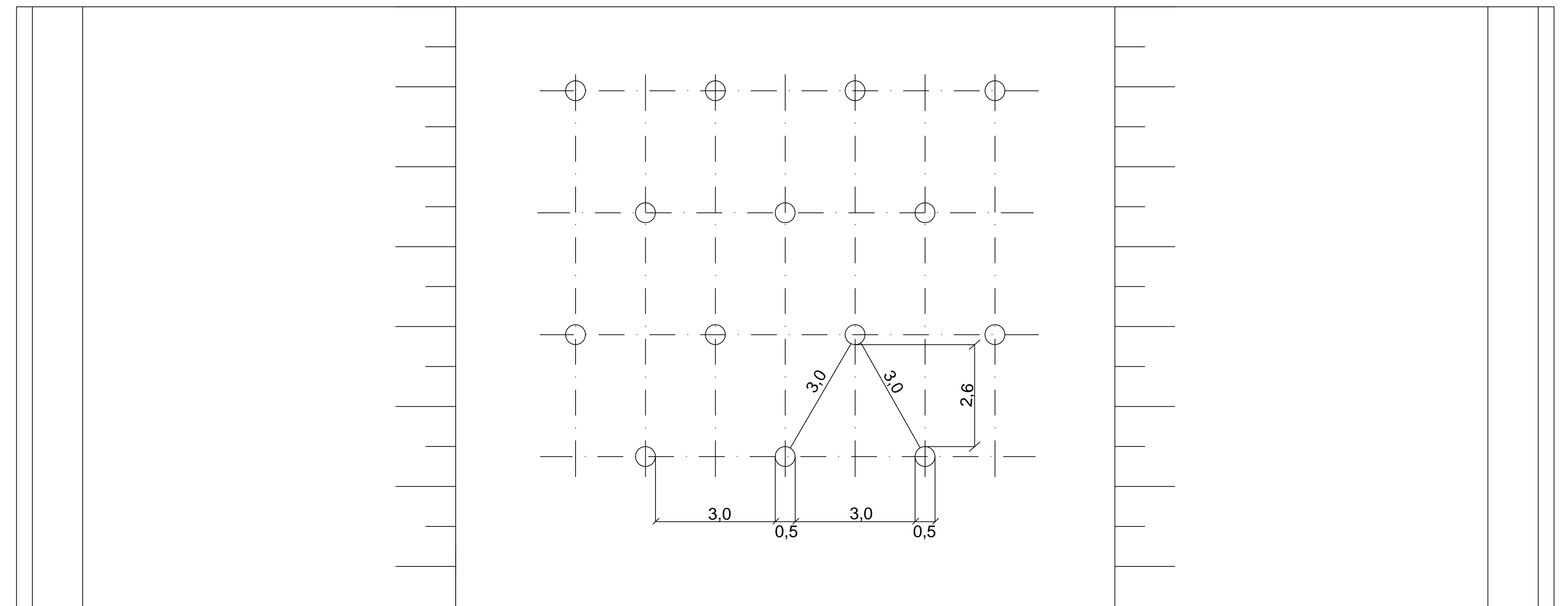
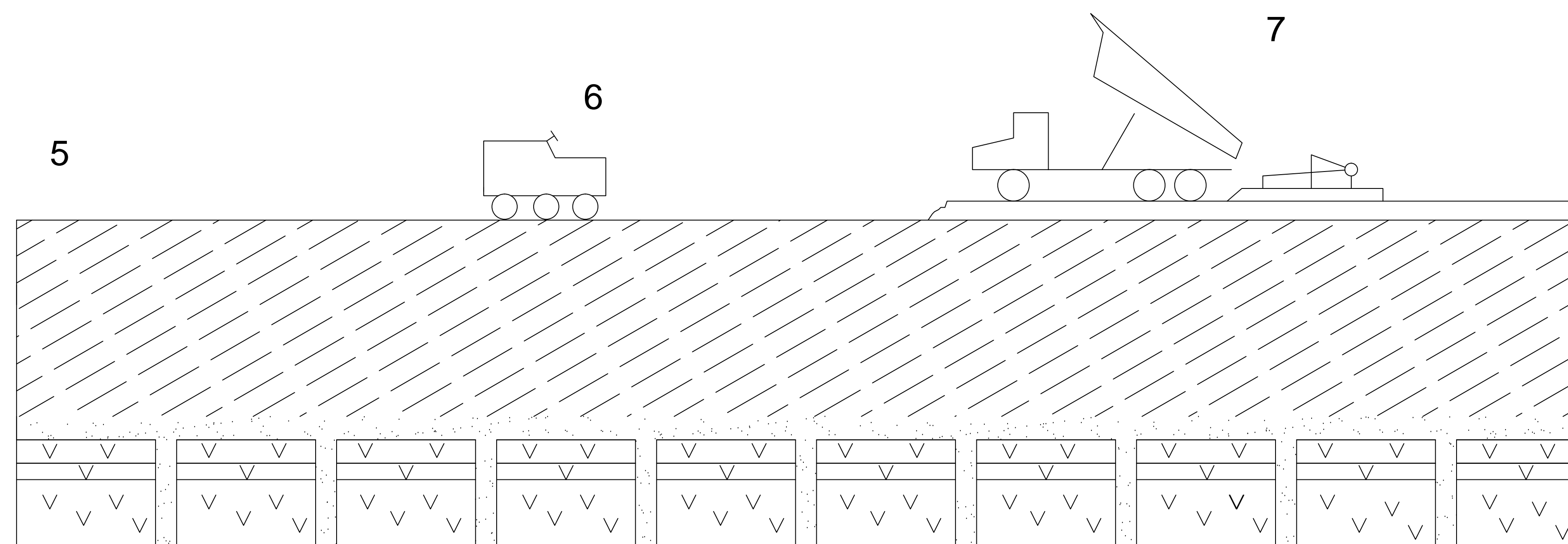
№ слоя	Угол внутреннего трения: $\varphi$ ,град	Сила сцепления $c$ ,т/м <sup>2</sup>	Вид торфа	Степень разложения, %
1	28	2,5	Осоковый	n=80
2	14	7,8	Травяно - древесный	n=70
3	28	2,5	Осоковый	n=80

				ВКР - 08.03.01.0015 - 2017			
				Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт			
Изм./Лист	№ Документа	Подпись	Дата	Реконструкция участка автомобильной дороги III категории в республике Хакасия  Участок болота на местности, таблица с исходными и расчетными данными, продольный разрез болота	Стадия	Лист	Листов
Разраб.	Земцов М.С.				у	6	8
Проверил	Жуков В.И.						
Зав. кафедр.	Серватинский В.В.				Кафедра АДУГС		

Земляное полотно  
с вертикальными дренами на ПК 41+50  
М 1:100



### Схема расположения вертикальных дрен.



- 1-транспортировка дренирующего материала;
- 2-надвижки рабочего слоя;
- 3-устройство дрен с загрузкой песком;
- 4-наращивание земляного полотна до проектной отметки;
- 5-контроль осадки;
- 6-доуплотнение земляного полотна;
- 7-устройство дорожной одежды.

					ВКР - 08.03.01.0015 - 2017		
					Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт		
Изм./Лист	№ Документа	Подпись	Дата				
Разраб.	Земцов М.С.			Реконструкция участка автомобильной дороги III категории в республике Хакасия	Стадия	Лист	Листов
Проверил	Жуков В.И.				у	7	8
Зав. кафедр	Серебрянский В.В.			Схема устройства земляного полотна с вертикальными дренами, поперечный профиль земляного полотна	Кафедра АДИГС		

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт  
Кафедра: Автомобильные дороги и городские сооружения

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 В.В. Серватинский

подпись

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме бакалаврской работы**



Студенту Земцову Максиму Святославовичу  
Группа ДС 13-11 Направление (специальность) 08.03.01.00.15  
«Автомобильные дороги»

Тема выпускной квалификационной работы: Проект реконструкции участка автомобильной дороги III категории в республике Хакасия.

Утверждена приказом по университету № 6962 от 30.05.17.

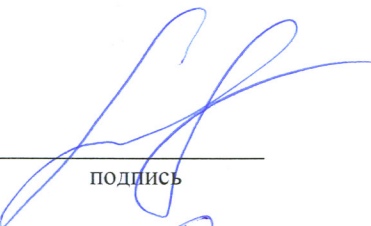
Руководитель ВКР В.И. Жуков, профессор кафедры автомобильных дорог и городских сооружений, ИСИ СФУ.

Исходные данные для ВКР: план и продольный профиль существующей дороги, интенсивность движения, район проектирования, климатические данные.

Перечень разделов ВКР: природные условия, анализ существующей дороги, реконструкция дороги, обустройство дороги, деталь, соображения по организации реконструкции.

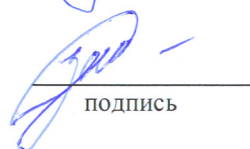
Перечень графического материала: план, комплексная оценка безопасности движения дороги до и после реконструкции, детальный продольный профиль реконструируемой дороги, типы поперечных профилей, график распределения земляных масс и полоса отвода, варианты дорожной одежды, детальное проектирование, линейно-календарный график.

Руководитель ВКР

  
подпись

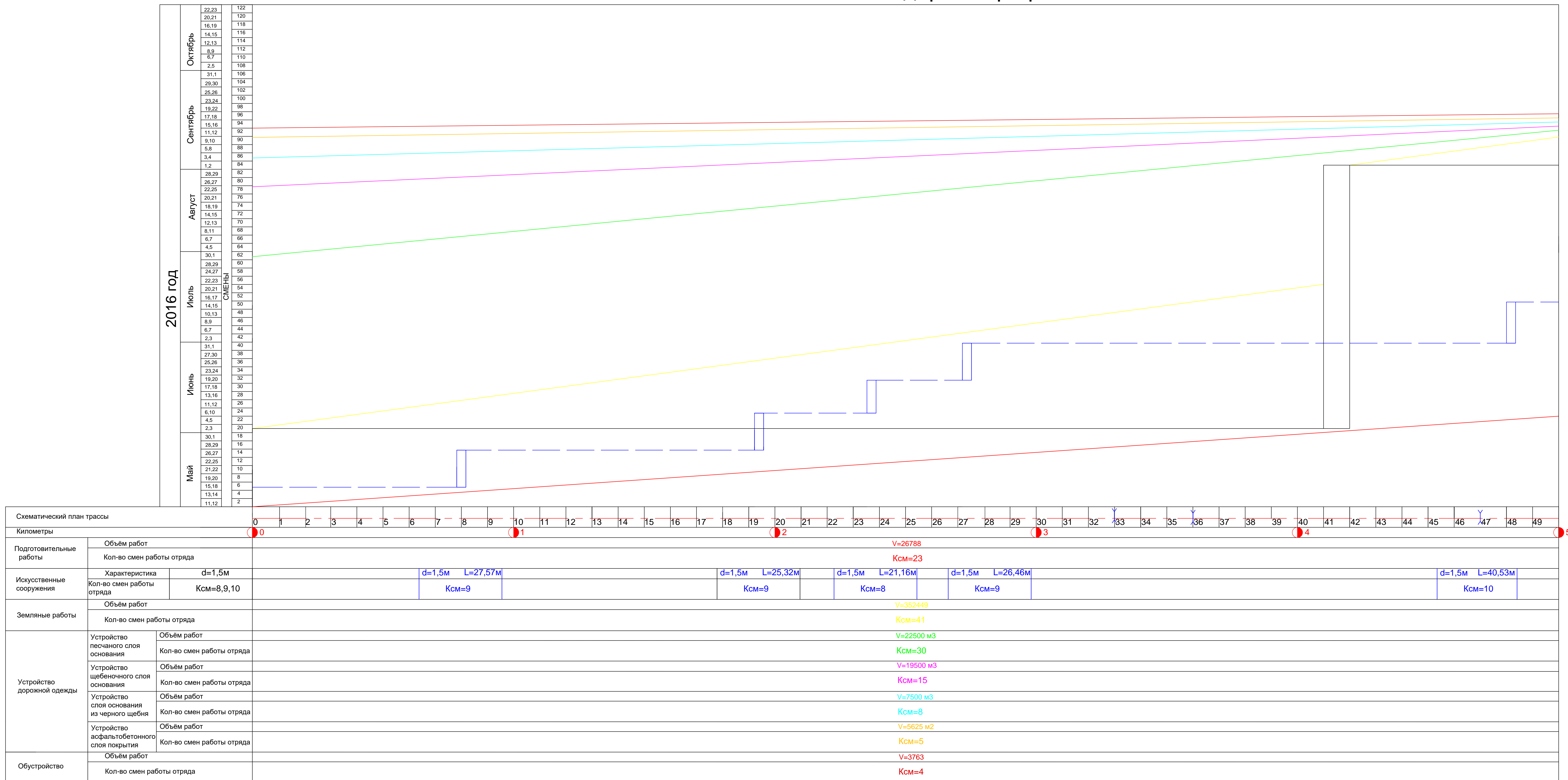
В. И. Жуков

Задание принял к исполнению

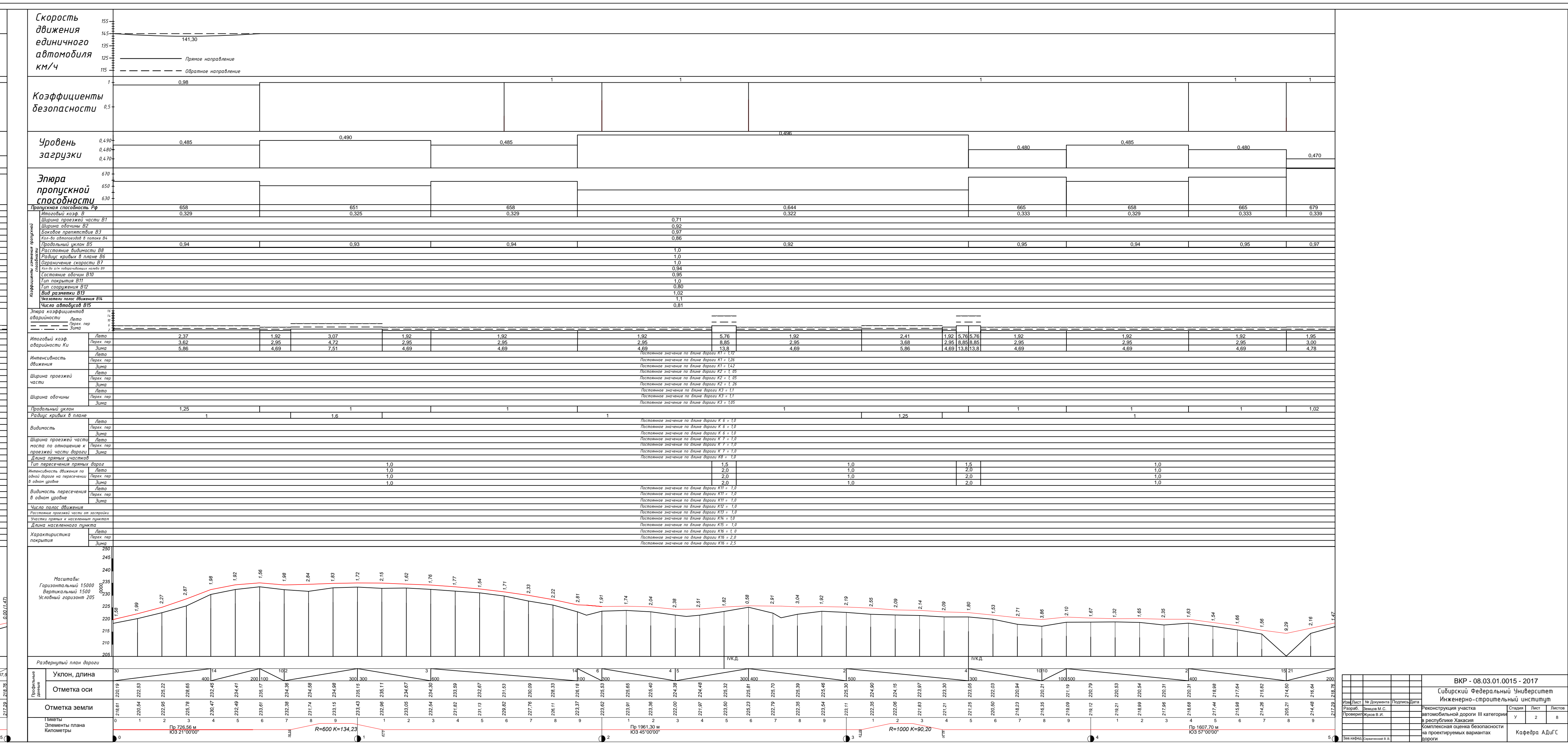
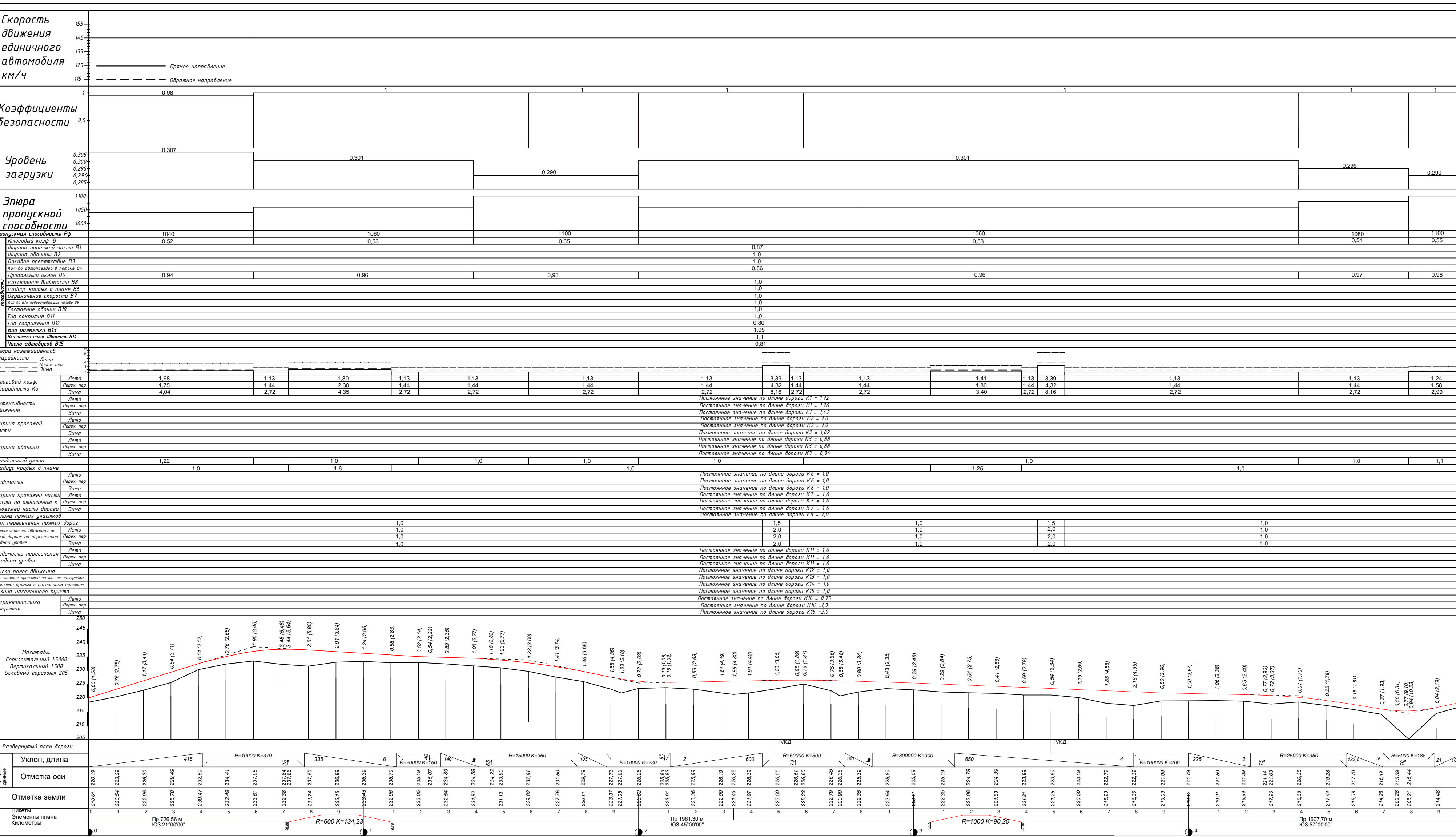
  
подпись

М. С.Земцов

« \_\_\_\_ » мая 2017 г.

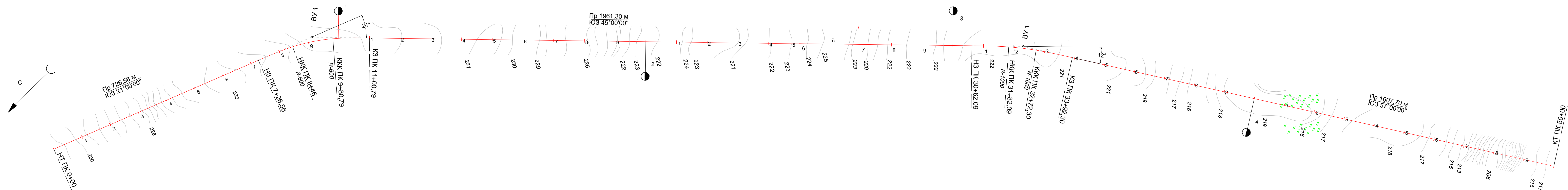


				ВКР - 08.03.01.0015 - 2017			
				Сибирский Федеральный Университет			
				Инженерно-строительный институт			
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата			
Разработал	Земцов М.С.			Реконструкция участка автомобильной дороги III категории в республике Хакасия	Стадия	Лист	Листов
Проверил	Жуков В.И.				У	8	8
Зав. кафедрой		Серватинский В.В.			Линейно-календарный график		
					Кафедра АДИГС		





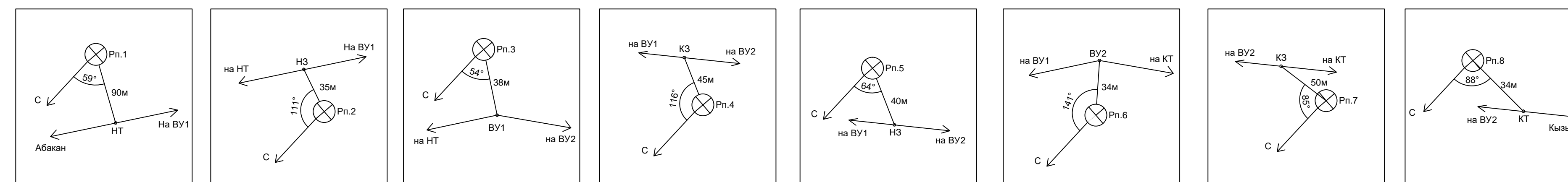
## План трассы



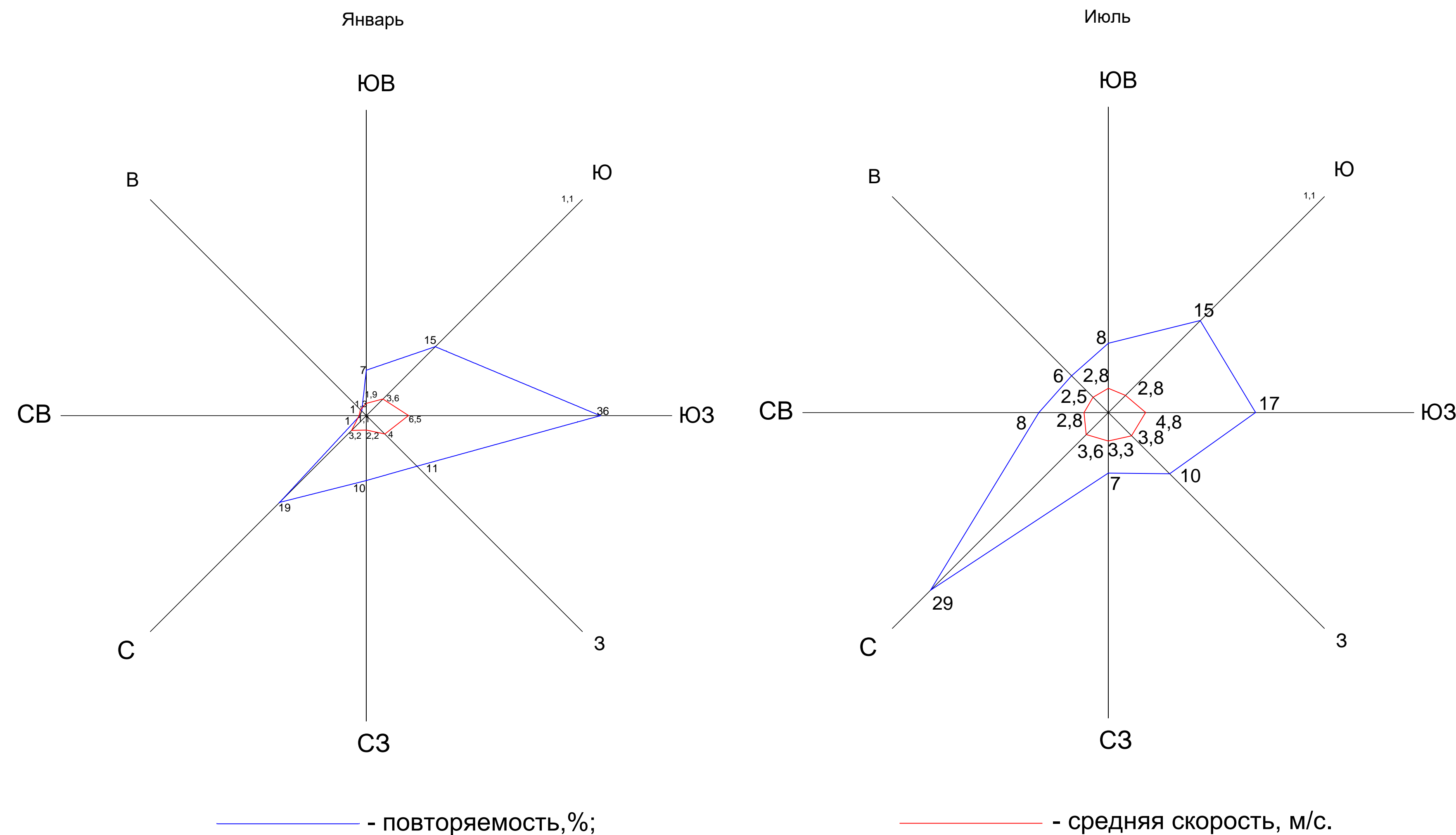
### Ведомость углов поворота

Тока	Положение вершины угла			Величина угла поворота		Величина угла поворота	Элементы кривой, м					Положение переходных кривых						Расстояние между вершинами углов, м	Длина Прямой, м	
	КМ	ПК	+	влево	вправо		Радиус, м	тангенс	тангенс	переходные кривые	круговая кривая	биссектриса	Начало	Конеч	Начало	Конеч	Начало			Конеч
НТ	0	0	00																915	726,56
ВУ1	0	9	15,78		24°	600	189,22	189,22	120	120	134,23	14,74	7	26,56	8	46,56	9	80,79	11	0,79
ВУ2	3	32	27,64		12°	1000	165,54	165,54	120	120	90,20	6,15	30	62,09	31	82,09	32	72,30	33	92,30
КТ	5	50	00																1772,36	1607,70

## Привязка трассы к ситуационному объекту

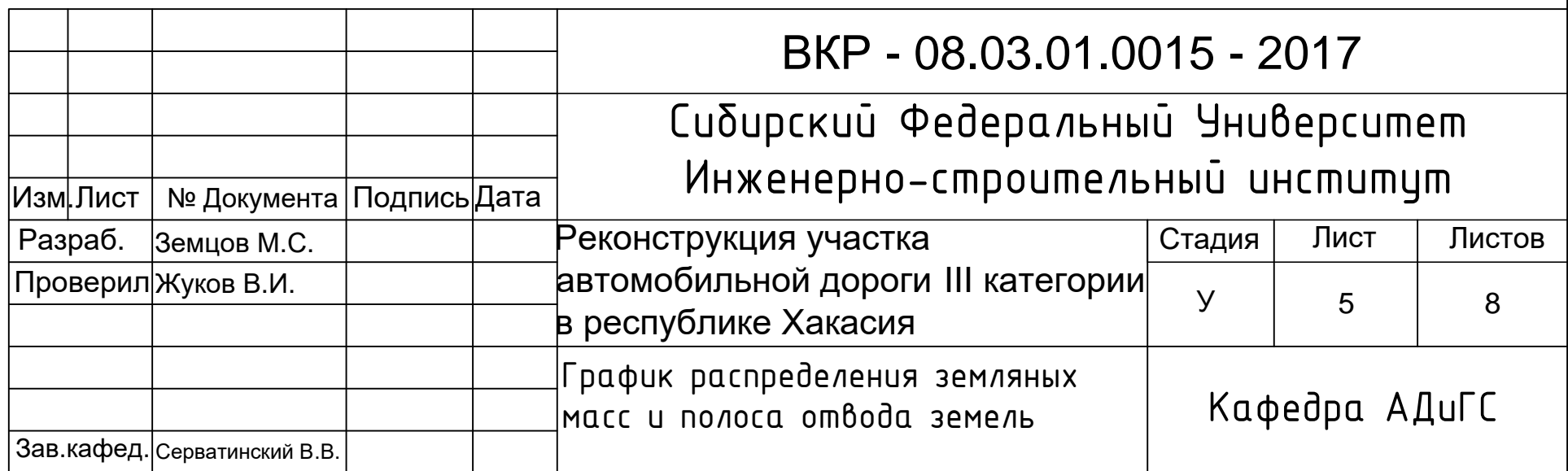


## Розы ветров



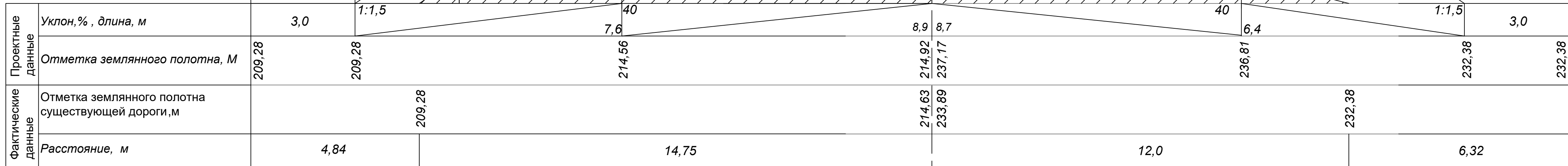
				ВКР - 08.03.01.0015 - 2017		
				Сибирский Федеральный Университет		
				Инженерно-строительный институт		
Изм./Лист	№ Документа	Подпись	Дата			
Разраб.	Земцов М.С.			Реконструкция участка автомобильной дороги III категории в республике Хакасия	Стадия	Лист
Проверил	Жуков В.И.				у	1
				План трассы и привязка к местности	Кафедра АДУГС	
Зав.кафед.	Серватинский В.В.					

СОЗДАНО УЧЕБНОЙ ВЕРСИЕЙ ПРОДУКТА AUTODESK

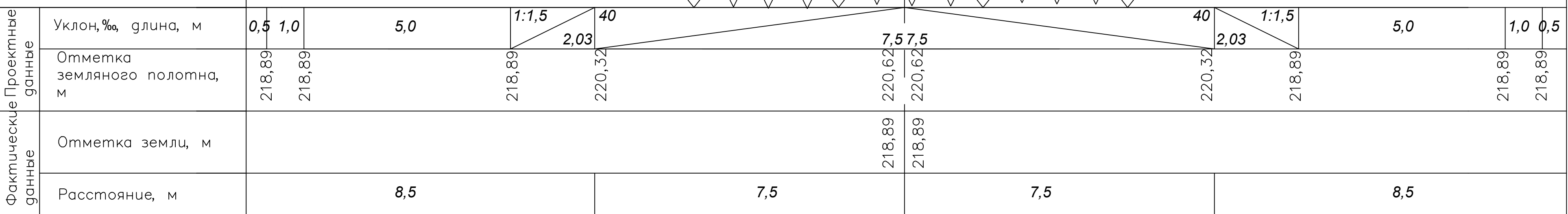




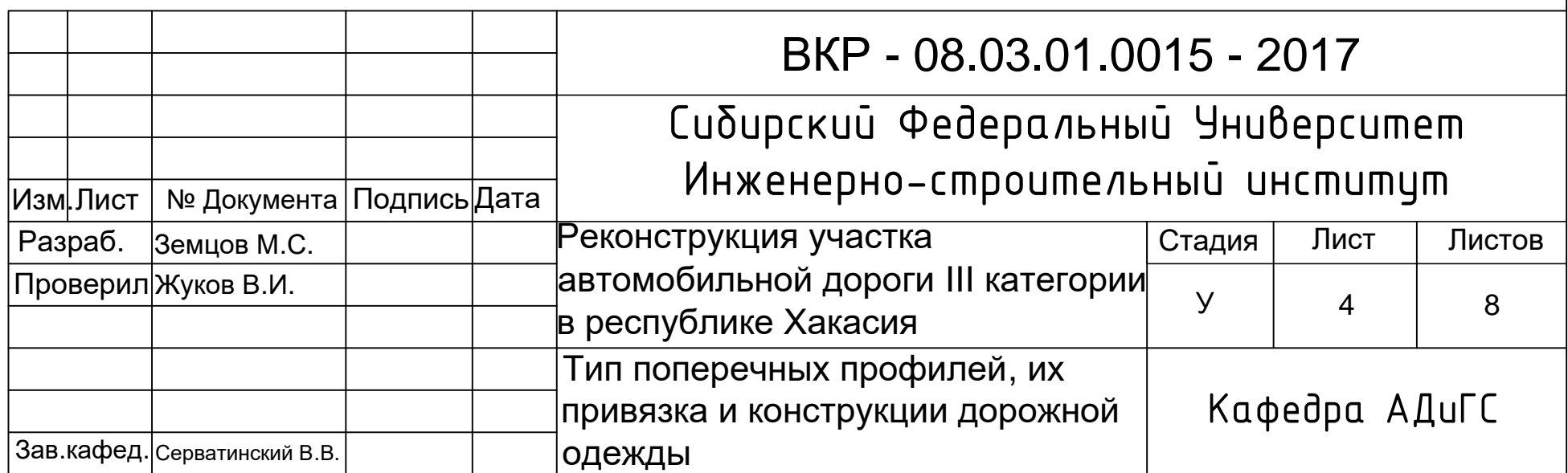
Тип 1а. Насыпь высотой до 2 м с кюветами



### Тип 2. Высота насыпи от 3 до 6 м



## ПК 41+50



Тип поперечного профиля	Местоположение		Расстояние
	от ПК+	до ПК+	
I	0+00	0+40	40
I	0+40	1+00	60
I	1+00	1+39	39
IA	1+39	2+00	61
IA	2+00	3+45	45
I	3+45	4+00	55
I	4+00	5+00	100
II	5+00	5+25	25
II	5+25	6+00	75
II	6+00	7+00	100
II	7+00	8+00	100
II	8+00	9+00	100
II	9+00	9+55	55
I	9+55	10+00	45
I	10+00	11+00	100
I	11+00	12+00	100
I	12+00	13+00	100
I	13+00	14+00	100
I	14+00	15+00	100
I	15+00	15+59	59
II	15+59	16+00	41
II	16+00	17+00	100
II	17+00	18+00	100
II	18+00	19+00	100
II	19+00	19+90	90
I	19+90	20+00	10
I	20+00	20+80	80
IA	20+80	21+00	20
IA	21+00	21+16	16
I	21+16	22+00	84
I	22+00	22+26	26
II	22+26	23+00	76
II	23+00	24+00	100
II	24+00	25+00	100
I	25+00	25+60	60
IA	25+60	26+00	40
IA	26+00	26+25	25
I	26+25	26+40	15
II	26+40	27+00	60
II	27+00	28+00	100
II	28+00	28+50	50
I	28+50	29+00	50
I	29+00	30+00	100
I	30+00	31+00	100
I	31+00	32+00	100
I	32+00	33+00	100
I	33+00	34+00	100
I	34+00	35+00	100
I	35+00	36+00	100
I	36+00	36+15	15
II	36+15	37+00	85
II	37+00	38+00	100
II	38+00	38+95	95
I	38+95	39+00	5
I	39+00	40+00	100
I	40+00	41+00	100
I	41+00	42+00	100
I	42+00	42+90	90
II	42+90	43+00	10
II	43+00	43+07	7
I	43+07	43+80	73
IA	43+80	44+00	20
IA	44+00	45+00	100
IA	45+00	46+00	100
IA	46+00	47+00	100
II	47+00	47+50	50
III	47+50	48+00	50
III	48+00	48+50	50
III	48+50	49+00	50
II	49+00	49+30	30
IA	49+30	50+00	70

